

Chapitre D

Bien choisir une architecture de distribution électrique

Sommaire

1	Les enjeux pour l'exploitant	D2
	1.1 Choix d'une architecture	D2
	1.2 Définitions	D3
2	Processus de conception d'une architecture	D4
3	Caractéristiques de l'installation	D7
	3.1 Type d'activité du site	D7
	3.2 Configuration du site	D7
	3.3 Latitude de positionnement	D7
	3.4 Disponibilité du réseau de distribution publique	D8
	3.5 Maintenabilité	D8
	3.6 Evolutivité de l'installation	D8
	3.7 Puissance totale des charges installées	D9
	3.8 Uniformité d'installation des charges	D9
	3.9 Sensibilité des circuits aux coupures d'alimentation	D9
	3.10 Sensibilité des charges aux perturbations	D10
	3.11 Pouvoir perturbateur des circuits	D11
	3.12 Autres contraintes	D11
4	Caractéristiques technologiques	D12
	4.1 Ambiance, environnement	D12
	4.2 Indice de service	D12
	4.3 Autres considérations	D13
5	Critères d'évaluation pour l'adaptation du principe au projet	D14
	5.1 Temps de chantier	D14
	5.2 Impact environnemental	D14
	5.3 Niveau de maintenance préventive	D15
	5.4 Disponibilité de l'alimentation électrique	D15
6	Choix des fondements de l'architecture	D16
	6.1 Raccordement au réseau du Distributeur	D16
	6.2 Configuration des circuits MT	D17
	6.3 Nombre et répartition des postes de transformation MT - BT	D18
	6.4 Nombre de transformateurs MT/BT	D19
	6.5 Générateur de secours en MT	D19
7	Choix des détails d'architecture	D20
	7.1 Implantation topologique	D20
	7.2 Distribution centralisée ou décentralisée	D21
	7.3 Présence de générateurs de secours	D22
	7.4 Présence d'Alimentation Sans Interruption (ASI)	D23
	7.5 Configuration des circuits BT	D23
8	Choix de solutions technologiques	D26
9	Recommandations pour optimiser une architecture	D27
	9.1 Temps de chantier	D27
	9.2 Impact environnemental	D27
	9.3 Volume de maintenance préventive	D29
	9.4 Disponibilité de l'alimentation électrique	D30
10	Annexe : exemples d'installation	D31
	10.1 Exemple 1 : imprimerie	D31
	10.2 Exemple 2 : data center	D34
	10.3 Exemple 3 : hôpital	D36

Nota :

Les spécificités des normes et réglementations françaises sont présentées sur un fond gris.

D1

D2

1.1 Choix d'une architecture

Le choix d'architecture a un impact déterminant sur les performances de l'installation tout au long de son cycle de vie :

- dès la phase de construction, car en fonction des choix, les temps d'installation, les possibilités de cadencement des travaux, les compétences requises des équipes d'installation pourront être fortement influencés,
- également pendant la phase d'exploitation, où seront touchées les performances en terme de qualité et de continuité d'alimentation des charges sensibles, de pertes d'énergie dans les circuits d'alimentation,
- et enfin pour la phase de fin de vie de l'installation qui en fonction des architectures permet de valoriser une part plus ou moins importante de l'installation.

L'architecture de distribution électrique d'une installation comprend la configuration spatiale, le choix des sources d'alimentation, la définition des différents niveaux de distribution, le schéma unifilaire, les solutions technologiques.

Le choix de la meilleure architecture se traduit souvent par la recherche d'un compromis entre les différents critères de performances qui intéressent le client utilisateur de l'installation aux différentes phases du cycle de vie. Plus la démarche de recherche de solutions intervient tôt dans un projet, plus les possibilités d'optimisations sont importantes (cf. Fig. D1).

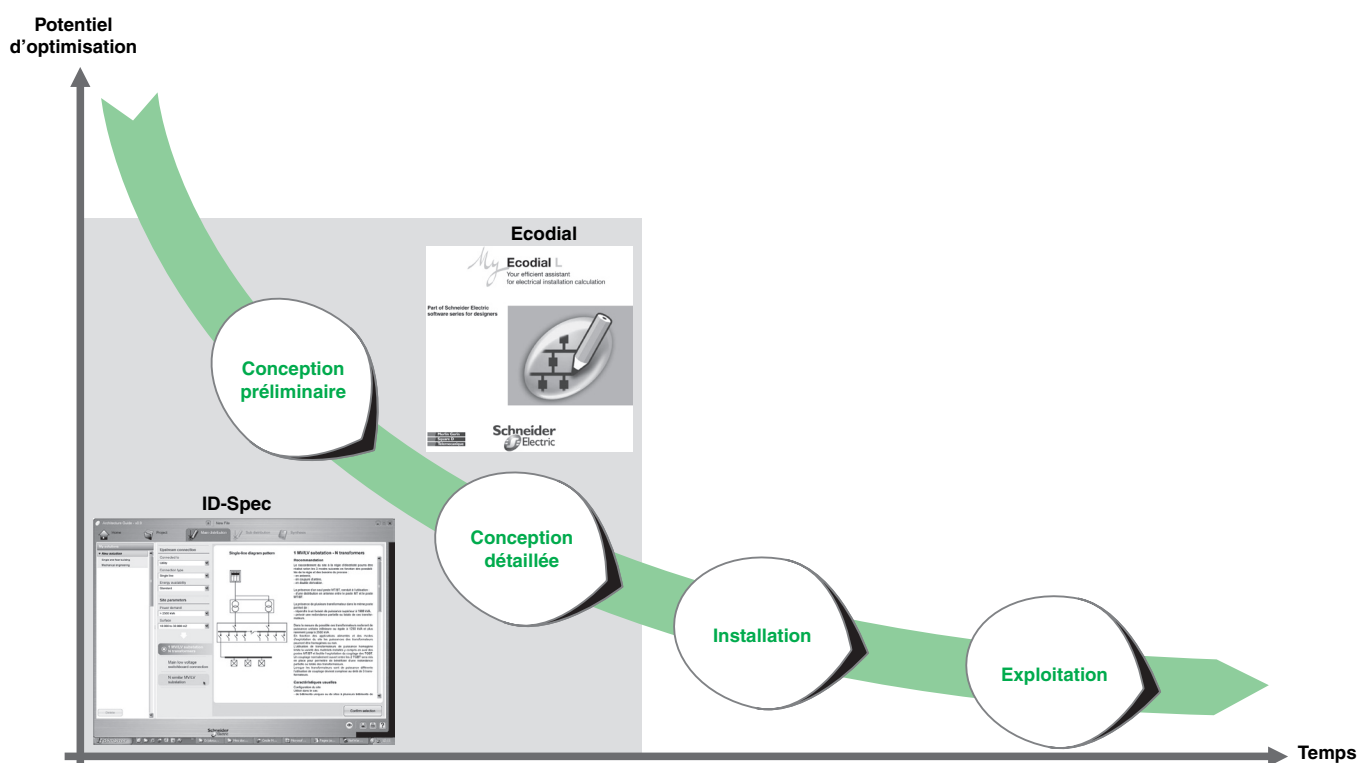


Fig. D1 : Potentiel d'optimisation (Ecodial, logiciel de calcul d'installations électriques. ID-Spec, logiciel d'aide au choix d'architecture de distribution électrique.)

La pleine réussite de la recherche de solution optimale est également fortement liée à la capacité d'échanges entre les différents acteurs intervenant sur la conception des différents lots d'un projet :

- l'architecte qui définit l'organisation du bâtiment en fonction des besoins de l'utilisateur,
- les concepteurs des différents lots techniques (éclairage, chauffage, climatisation, fluides, etc.),
- les représentants de l'utilisateur définissant le process par exemple.

Sont présentés dans les paragraphes suivants les critères de choix ainsi que le processus de conception des architectures répondant aux critères de performances du projet.

1 Les enjeux pour l'exploitant

1.2 Définitions

Architecture

Choix d'un schéma unifilaire et de solutions technologiques, depuis le raccordement au réseau public jusqu'aux circuits d'alimentation des charges.

Caractéristiques

Données techniques ou environnementales relatives à l'installation, permettant de sélectionner l'architecture la mieux adaptée.

Critères

Paramètres d'évaluation de l'installation, permettant de sélectionner l'architecture la mieux adaptée aux besoins du client.

Distribution principale

Niveau amont de l'architecture, depuis le raccordement au réseau public jusqu'aux équipements de répartition de la BT sur le site (Tableau Général Basse Tension – TGBT – ou équivalent).

Distribution secondaire

Niveau intermédiaire de l'architecture, en aval du niveau principal jusqu'aux tableaux divisionnaires (répartition spatiale et fonctionnelle de l'énergie électrique dans les circuits).

Distribution terminale

Niveau aval de l'architecture, en aval des tableaux divisionnaires, jusqu'aux charges. Ce niveau de distribution n'est pas traité dans ce guide.

Poste MT, poste de transformation

Enceintes regroupant des équipements MT et/ou des transformateurs MT/BT. Ces enceintes peuvent être communes ou séparées, suivant la topologie du site, ou la technologie du matériel.

Dans certains pays, le poste MT est assimilé au poste de livraison.

Schéma unifilaire

Schéma électrique général, permettant de représenter les principaux équipements électriques et leurs interconnexions.

Solution technologique

Résultat du choix de technologie pour un sous-ensemble de l'installation, parmi les différents produits et équipements proposés par Schneider-Electric.

D3

2 Processus de conception d'une architecture

La conception d'architecture considérée dans ce document se situe au niveau Avant-Projet Sommaire (APS). Elle couvre en général les niveaux de distribution primaire et secondaire, et si nécessaire une partie de distribution terminale (cf. **Fig. D2**).

D4

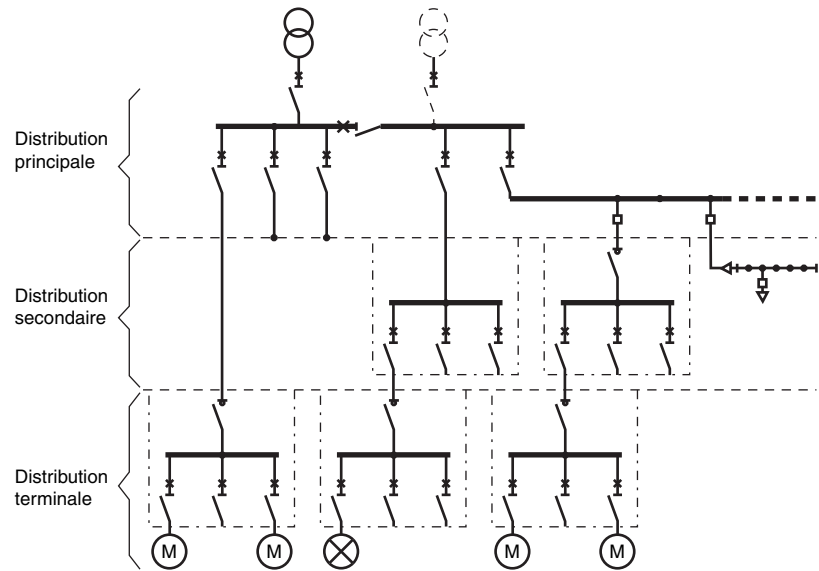


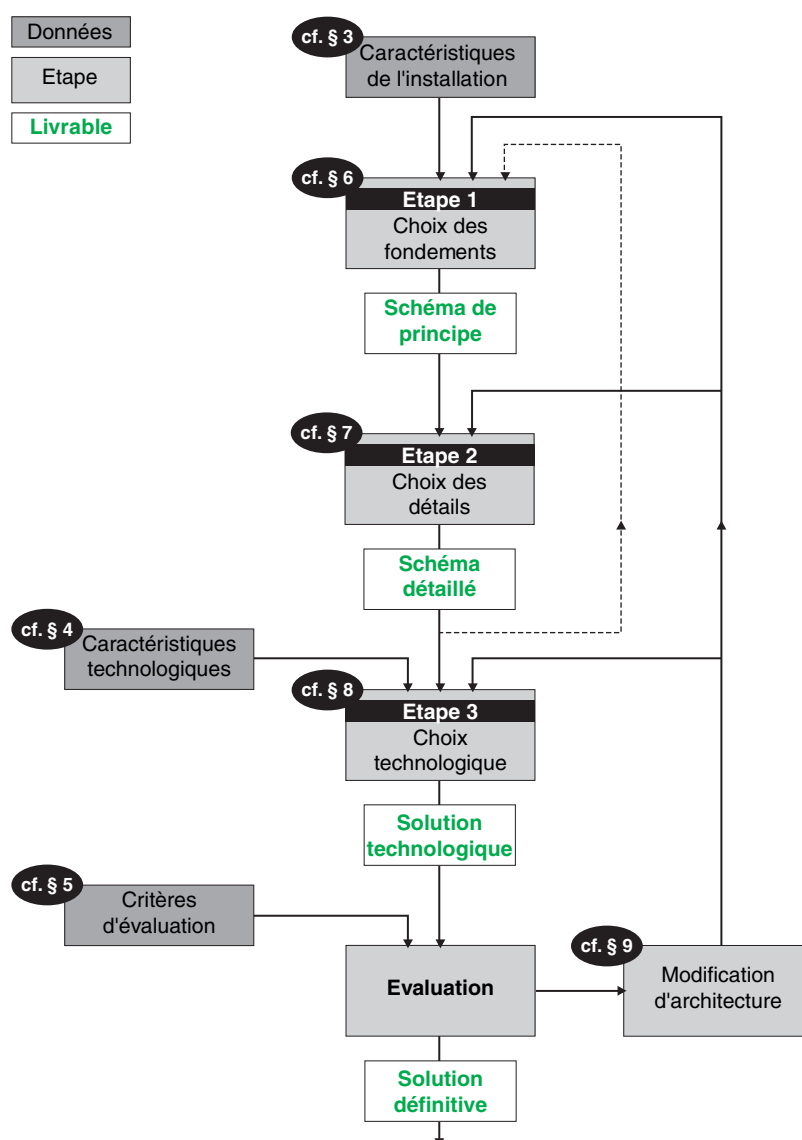
Fig. D2 : Exemple de schéma unifilaire

La conception d'une architecture de distribution électrique peut être décrite par un processus en 3 étapes successives, avec possibilités d'itérations. Ce processus est basé sur la prise en compte des caractéristiques de l'installation et des critères à satisfaire.

L'ensemble du processus est décrit succinctement dans les paragraphes suivants et illustré sur la **figure D3**, page suivante.

Le processus décrit dans ce document ne fournit pas de solution unique. Ce document constitue un guide, à l'usage du concepteur d'installation électrique.

2 Processus de conception d'une architecture



D5

Fig. D3 : Synoptique de choix d'architecture de distribution électrique

Etape 1 : choix des fondements de l'architecture de distribution

Il s'agit de la définition "grosse maille" de l'installation électrique. Elle est basée sur la prise en compte de caractéristiques macroscopiques concernant l'installation et son usage.

Ces caractéristiques ont un impact sur le raccordement au réseau du Distributeur, les circuits MT, le nombre de postes de transformation, ...

A la fin de cette étape, on dispose de plusieurs solutions de schémas de principe de distribution, qui constituent des ébauches du schéma unifilaire. Le choix définitif est confirmé à la fin de l'étape 2.

Les caractéristiques à prendre en compte sont précisées au paragraphe 3 de ce chapitre.

Les recommandations pour le choix de schéma unifilaire de principe sont fournies au paragraphe 6.

2 Processus de conception d'une architecture

D6

Etape 2 : choix des détails d'architecture

Il s'agit de la définition "maille fine" de l'installation électrique. Elle est basée sur les résultats de l'étape précédente, ainsi que sur la satisfaction des critères relatifs à la mise-en-œuvre et à l'exploitation de l'installation.

Un rebouclage est effectué sur l'étape 1 si les critères ne sont pas satisfaits. Un processus itératif permet d'analyser plusieurs combinaisons de critères d'évaluation.

A la fin de cette étape, on dispose d'un schéma unifilaire détaillé.

Les recommandations pour l'adaptation du schéma unifilaire au projet sont fournies au paragraphe 7.

Etape 3 : choix technologique

Le choix des solutions technologiques à mettre en œuvre est réalisé à cette étape, et découle du choix d'architecture. Ces solutions sont extraites de l'offre Schneider Electric, afin de satisfaire certains critères.

Un rebouclage est effectué sur l'étape 2 si les critères ne sont pas satisfaits.

Les caractéristiques à prendre en compte sont précisées au paragraphe 4 de ce chapitre.

Les recommandations pour le choix des solutions technologiques sont fournies au paragraphe 8.

Evaluation

Cette étape d'évaluation permet au Bureau d'Etudes de disposer de données chiffrées, base de discussion avec le client et les autres intervenants.

En fonction du résultat de ces échanges, un rebouclage peut être effectué sur l'étape 1.

Pour chacune des caractéristiques de l'installation, permettant de choisir l'architecture de distribution électrique, il faut fournir une définition et les différentes catégories ou valeurs possibles.

3.1 Type d'activité du site

Définition

Activité économique principale hébergée par le site.

Différentes catégories

Secteurs considérés pour un bâtiment industriel

- Industrie mécanique.
- Industrie pharmaceutique.
- Industrie agroalimentaire.
- Haute technologie (hi-tech).
- Logistique.
- Autre.

Secteurs considérés pour un bâtiment tertiaire

- Bureaux standards.
- Bureaux sensibles (ex.: data centers).
- Commerce.
- Logement.
- Santé (ex.: hôpital, cabinet spécialisé).
- Local technique.

3.2 Configuration du site

Définition

Caractéristique architecturale du ou des bâtiments, tenant compte du nombre de bâtiments, du nombre d'étages, et de la surface par étage.

Différentes catégories

- Bâtiment à un seul niveau.
- Bâtiment à plusieurs étages.
- Site à plusieurs bâtiments.
- Immeuble de grande hauteur (pour mémoire, ce type de bâtiment répond à des règles spécifiques, non prises en compte dans ce document).

Les différentes surfaces significatives retenues pour un seul niveau sont les suivantes :

- < 5000 m²,
- de 5000 à 25 000 m²,
- de 25 000 à 100 000 m².

3.3 Latitude de positionnement

Définition

Caractéristique prenant en compte les contraintes liées à l'implantation du matériel électrique dans le bâtiment :

- esthétique,
- accessibilité,
- présence d'emplacements réservés,
- utilisation de galeries techniques (par étages),
- utilisation de gaines techniques (verticales).

Différentes catégories

- Latitude faible

La position du matériel électrique est pratiquement imposée.

- Latitude moyenne

La position du matériel électrique est partiellement imposée, au détriment des critères à satisfaire.

- Latitude élevée

Pas de contraintes. La position du matériel électrique peut être définie pour satisfaire au mieux les critères.

3.4 Disponibilité du réseau de distribution publique

Définition

Capacité du réseau de distribution publique à assurer l'alimentation avec un minimum d'interruption.

Différentes catégories

- Disponibilité minimale
Risque d'interruption lié à des contraintes géographiques (îlotage, zone éloignée des centres de production d'électricité), techniques (ligne aérienne, faible maillage), ou économiques (maintenance insuffisante, génération sous-dimensionnée),
- Disponibilité standard
- Disponibilité renforcée
Dispositions particulières prises pour réduire la probabilité d'interruption (réseau souterrain, fort maillage, ...).
Voir en 6.1 les valeurs typiques de disponibilité en fonction des configurations de raccordement au réseau du Distributeur.

3.5 Maintenabilité

Définition

Qualité apportée lors de la conception pour limiter l'impact des opérations de maintenance sur le fonctionnement de l'installation.

Différentes catégories

- Maintenabilité minimale
L'installation peut être arrêtée pour exécution des opérations de maintenance.
- Maintenabilité standard
La maintenance doit être programmée au cours de périodes de faible activité.
Exemple : plusieurs transformateurs avec redondance partielle et délestage.
- Maintenabilité renforcée
Des dispositions particulières sont prises pour limiter l'impact des opérations de maintenance. Exemple : configuration à double attache.

3.6 Evolutivité de l'installation

Définition

Possibilité apportée de déplacer facilement des points de livraison de l'électricité à l'intérieur de l'installation, ou d'augmenter facilement la puissance fournie en certains points.

L'évolutivité est un critère qui apparaît également du fait des incertitudes de construction au stade avant-projet sommaire (APS).

Différentes catégories

- Pas d'évolutivité
La position des charges est fixe tout au long du cycle de vie, en raison de fortes contraintes liées à la construction du bâtiment ou à la lourdeur du process alimenté.
Exemple : atelier de fonderie.
- Evolutivité de conception
Le nombre de points de livraison, la puissance des charges ou leur emplacement ne sont pas connus avec précision.
- Evolutivité d'installation
Des charges pourront être installées après la mise en service de l'installation.
- Flexibilité d'exploitation
La position des charges sera fluctuante, au gré des réorganisations du process.
Exemples :
 - bâtiment industriel : extension, fractionnement et changement d'affectation,
 - immeuble de bureaux : fractionnement.

3 Caractéristiques de l'installation

3.7 Puissance totale des charges installées

Définition

Somme des puissances apparentes des charges (en kVA), affectées d'un coefficient d'utilisation.

Ceci représente la puissance maximale pouvant être consommée à un instant donné dans l'installation, avec possibilité de surcharges limitées et de courte durée.

Différentes catégories

Les différentes catégories retenues correspondent aux limites de puissance des transformateurs les plus couramment utilisés :

- puissance < 630 kVA,
- puissance de 630 à 1250 kVA,
- puissance de 1250 à 2500 kVA,
- puissance > 2500 kVA.

D9

3.8 Uniformité d'installation des charges

Définition

Caractéristique liée à l'uniformité de répartition des charges (en kVA/m²) dans une zone ou sur la totalité du bâtiment.

Différentes catégories

■ Charges uniformément réparties

Les charges sont en majorité de puissance unitaire moyenne ou faible et réparties sur toute la surface ou une large zone du bâtiment (densité homogène).

Exemples : éclairage, postes de travail individuels.

■ Répartition intermédiaire

Les charges sont en majorité de puissance moyenne, placées par groupes sur toute la surface du bâtiment.

Exemples : machines d'assemblage, convoyage, postes de travail, "sites" modulaires en logistique.

■ Charges localisées

Les charges sont en majorité de puissance élevée et localisées dans quelques zones du bâtiment (densité hétérogène).

Exemples : CVC - Chauffage, Ventilation, Climatisation (ou HVAC : Heating, Ventilation and Air Conditioning).

3.9 Sensibilité des circuits aux coupures d'alimentation

Définition

Aptitude d'un circuit à accepter une coupure d'alimentation.

Différentes catégories

■ Circuit "délestable"

Coupure possible à tout moment, de durée indéfinie.

■ Coupure longue acceptable

Temps de coupure > 3 minutes*.

■ Coupure brève acceptable

Temps de coupure < 3 minutes*.

■ Aucune coupure acceptable.

Remarque

On peut distinguer différents niveaux de gravité d'une coupure d'alimentation électrique, en fonction des conséquences possibles :

- pas de conséquence notable,
- perte de production,
- détérioration de l'outil de production ou perte de données sensibles,
- mise en danger de mort.

Ceci se traduit en terme de criticité d'alimentation de charges ou de circuits.

■ Non critique

La charge ou le circuit peuvent être "délestées" à tout moment.

Exemple : circuit de chauffage d'eau sanitaire.

* : valeur indicative, fournie par la norme EN50160 :
"Caractéristiques de la tension fournie par les réseaux publics de distribution".

■ Faible criticité

La coupure d'alimentation se traduit par une gêne passagère des occupants du bâtiment, sans conséquence financière. Le prolongement de la coupure au delà d'un temps critique peut se traduire par une perte de production ou une baisse de productivité. Exemples : circuits de chauffage, ventilation et climatisation (HVAC).

■ Criticité moyenne

La coupure d'alimentation se traduit par une courte interruption du process ou du service. Le prolongement de la coupure au delà d'un temps critique peut se traduire par une détérioration de l'outil de production ou un coût de remise en service. Exemples : groupes frigorifiques, ascenseurs.

■ Criticité élevée

Toute coupure peut se traduire par la mise en danger de mort ou des pertes financières inacceptables. Exemples : bloc opératoire, service informatique, service de sécurité.

3.10 Sensibilité des charges aux perturbations

Définition

Capacité d'une charge à fonctionner correctement en présence de perturbation de l'alimentation électrique.

Une perturbation peut entraîner un dysfonctionnement plus ou moins marqué. Par exemple : arrêt de fonctionnement, fonctionnement dégradé, vieillissement accéléré, augmentation des pertes, ...

Types de perturbations ayant un impact sur le fonctionnement des charges :

- creux de tension,
- surtension,
- distorsion de tension,
- fluctuation de tension,
- déséquilibre de tension.

Différentes catégories

■ Peu sensible

Les perturbations de la tension d'alimentation ont peu d'effet sur le fonctionnement. Exemple : appareil de chauffage.

■ Sensibilité moyenne

Les perturbations de tension provoquent une détérioration notable du fonctionnement. Exemples : moteurs, éclairage.

■ Haute sensibilité

Les perturbations de tension peuvent provoquer l'arrêt de fonctionnement voire la détérioration de l'équipement alimenté.

Exemple : équipement informatique.

Remarque

La sensibilité des charges aux perturbations conditionne la réalisation de circuits d'alimentation communs ou dédiés. Il est en effet avantageux de séparer les charges "sensibles" des charges "perturbatrices". Exemple : séparer les circuits d'éclairage des circuits d'alimentation de moteurs.

Ce choix dépend aussi des commodités d'exploitation. Exemple : alimentation séparée des circuits d'éclairage pour permettre la mesure de l'énergie consommée.

Principaux types de charges rencontrés communément dans les bâtiments

Eclairage

Principales caractéristiques :

- faible puissance unitaire,
- dispositifs dispersés,
- coupure longues non admises,
- sensibilité moyenne aux perturbations.

Chauffage, Ventilation, Climatisation

Principales caractéristiques :

- puissance unitaire élevée (quelques dizaines de kVA),
- dispositifs localisés,
- coupures longues acceptables,
- faible sensibilité aux perturbations.

3 Caractéristiques de l'installation

Informatique (data center)

Principales caractéristiques :

- puissance unitaire moyenne ou faible,
- nombre élevé de dispositifs localisés,
- aucune coupure acceptable,
- haute sensibilité aux perturbations.

Bureautique

Principales caractéristiques :

- faible puissance unitaire,
- nombre élevé de dispositifs dispersés,
- coupures de courte durée acceptables,
- sensibilité moyenne aux perturbations.

Force motrice (convoyage, ascenseurs, groupes frigorifiques, ...)

Principales caractéristiques :

- puissance unitaire moyenne ou élevée,
- nombre faible de dispositifs localisés,
- coupures de courte durée acceptables,
- sensibilité moyenne aux perturbations.

Process électrothermique (fours, presses à injecter, soudure, ...)

Principales caractéristiques :

- puissance unitaire élevée,
- nombre faible de dispositifs localisés,
- coupures de longue durée acceptables,
- sensibilité faible aux perturbations.

D11

3.11 Pouvoir perturbateur des circuits

Définition

Capacité d'un circuit à perturber le fonctionnement de circuits environnants, par des phénomènes tels que : harmoniques, appels de courant, déséquilibre, courants Haute Fréquence, rayonnement électromagnétique, ...

Différentes catégories

■ Pouvoir non perturbateur

Aucune précaution particulière à prendre.

■ Perturbations modérées ou occasionnelles

Une alimentation séparée peut être nécessaire en présence de circuits à moyenne ou haute sensibilité.

Exemple : circuit d'éclairage générant des courants harmoniques.

■ Pouvoir très perturbateur

Un circuit d'alimentation dédié ou des moyens d'atténuation des perturbations sont indispensables pour le bon fonctionnement de l'installation.

Exemples : force motrice à fort courant de démarrage, équipement de soudure à courant fluctuant.

3.12 Autres contraintes

Autres considérations ou contraintes particulières ayant un impact sur l'architecture de distribution électrique :

■ Environnement

Exemples : classification foudre, ensoleillement.

■ Règlements spécifiques

Exemples : hôpitaux, Immeubles de Grande Hauteur, ...

■ Règles du Distributeur d' Energie

Exemples : limites de puissance de raccordement en BT, accès au poste MT, ...

■ Charges double attache

Charges raccordées à 2 circuits indépendants par besoin de redondance.

■ Expérience du concepteur

Cohérence avec des études antérieures ou utilisation partielle d'études antérieures, standardisation de sous-ensembles, existence d'un parc installé.

■ Contraintes d'alimentation des charges

Niveau de tension (230 V, 400 V, 690 V), système des tensions (monophasé, triphasé avec ou sans neutre, ...).

D12

Les solutions technologiques considérées concernent :

- les différents types d'équipements MT et BT,
- les gammes de Canalisations Electriques Préfabriquées (CEP).

Le choix des solutions technologiques est effectué à la suite du choix de schéma unifilaire et en cohérence avec les choix antérieurs.

4.1 Ambiance, environnement

Ce thème réunit l'ensemble des contraintes d'environnement (température ambiante moyenne, altitude, humidité, corrosion, poussière, chocs...). Les normes décrivent les protections requises vis à vis de ces contraintes par les codes IP et IK.

4.2 Indice de service

Définition

L'indice de service (IS) est un code à trois chiffres défini par le guide UTE C 63-429. Il permet de caractériser un tableau BT en fonction des besoins de l'utilisateur en terme d'exploitation, de maintenance, et d'évolution (cf. tableau **Fig D4**) :

	Exploitation (1 ^{er} chiffre) (réglages, mesures, verrouillage...)	Maintenance (2 ^{ème} chiffre) (nettoyage, vérifications, tests, réparations...)	Evolution (3 ^{ème} chiffre) (modification, extension de l'installation...)
Niveau 1	IS = 1 • • L'opération entraîne l'arrêt complet du tableau.	IS = • 1 • L'opération entraîne l'arrêt complet du tableau.	IS = • • 1 L'opération entraîne l'arrêt complet du tableau.
Niveau 2	IS = 2 • • L'opération entraîne l'arrêt de la seule unité fonctionnelle concernée.	IS = • 2 • L'opération entraîne l'arrêt limité à la seule unité fonctionnelle concernée, avec intervention possible sur les raccordements	IS = • • 2 L'opération entraîne l'arrêt limité à la seule unité fonctionnelle concernée. Des réserves d'unités fonctionnelles, définies en nombre et en taille, sont prévues.
Niveau 3	IS = 3 • • L'opération entraîne seulement l'arrêt de la puissance de l'unité fonctionnelle concernée. Mais autorise des essais d'automatismes afin de tester l'installation en « grandeur réelle » avant sa remise en route.	IS = • 3 • L'opération entraîne l'arrêt limité à la seule unité fonctionnelle concernée, sans intervention sur les raccordements.	IS = • • 3 Adjonction possible de tout type d'unité fonctionnelle (protection ou commande moteur) sans mise hors tension du tableau. Cette intervention se fait dans un emplacement non équipé dans des limites imposées par le constructeur.

Fig. D4 : Explication des chiffres composant l'Indice de Service

Les indices de service pertinents sont peu nombreux, les plus usités sont présentés dans le tableau **Fig D5** sur la page suivante.

Rappels :

- Degré de protection (IP)
 - Le premier chiffre caractéristique indique le degré de protection contre la pénétration des solides.
 - Le deuxième chiffre caractéristique indique le degré de protection contre la pénétration des liquides.
 - Parfois, une lettre ajoutée après les deux chiffres précise la protection des personnes contre le risque de contact direct avec une partie nue sous tension.
- Forme
 - forme 1 : aucune séparation
 - forme 3 : séparation des jeux de barres des unités fonctionnelles et séparation de toutes les unités fonctionnelles entre elles non compris leurs bornes de sortie.
- La lettre (a ou b) placée après le chiffre caractérise plus précisément la forme en question.
- Raccordement de l'unité fonctionnelle
- Les lettres signifient : F = fixe, D = déconnectable, W = débouchable
- La position indique le raccordement considéré : 1^{ère} lettre = puissance amont, 2^{ème} = puissance aval, 3^{ème} = les auxiliaires.

4 Caractéristiques technologiques

D13

Indice de service IS	111	211	212	223	232	233	332	333
Degré de protection IP	2XX	2XB	–	2XB	2XB	2XB	2XB	2XB
Forme	1	1	3b 2b 4a	3b	3b	3b	3b	3b
Raccordement de l'unité fonctionnelle	FFF	FFF	WFW	WFD	WFW	WWW	WWW	WWW
Exploitation	Condamnation totale du tableau	Condamnation individuelle de l'unité fonctionnelle sans possibilité d'essais de sa commande					Condamnation individuelle de l'unité fonctionnelle avec possibilité de test de sa commande et de son automatisme	
Maintenance	Indisponibilité totale			Temps d'intervention supérieur à 1 h, avec intervention sur les raccordements avants	Temps d'intervention inférieur à 1/4 heure, sans intervention sur les raccordements			
Evolution	Extensions non prévues	Ajout possible d'unités fonctionnelles sans arrêt du tableau mais dans des réserves pré-équipées	Ajout possible d'unités fonctionnelles sans arrêt du tableau dans des réserves non équipées	Ajout possible d'unités fonctionnelles sans arrêt du tableau mais dans des réserves pré-équipées	Ajout possible d'unités fonctionnelles sans arrêt du tableau dans des réserves non équipées	Ajout possible d'unités fonctionnelles sans arrêt du tableau mais dans des réserves pré-équipées	Ajout possible d'unités fonctionnelles sans arrêt du tableau dans des réserves non équipées	Ajout possible d'unités fonctionnelles sans arrêt du tableau dans des réserves non équipées

Fig. D5 : Indices de service les plus utilisés (IS) et correspondance avec les autres paramètres mécaniques

Documents de référence

- Définition des degrés de protection : voir NF EN 61439, « Degrés de protection procurés par les enveloppes (code IP, « International Protection ») ».
- Définition de l'indice de service (code IS) : voir Guide UTE C 63-429, « Ensembles d'appareillage à basse tension Indice de Service (IS) ».
- Définitions de la forme et de la débrouabilité : voir NF EN 61439-1-2, « Ensembles d'appareillage à basse tension ; partie 1 : ensembles de séries et ensembles dérivés de série ».

4.3 Autres considérations

D'autres considérations ont un impact sur le choix des solutions technologiques :

- l'expérience du concepteur,
- la cohérence avec des études antérieures ou l'utilisation partielle d'études antérieures,
- la standardisation de sous-ensembles,
- l'existence d'un parc installé,
- les exigences des Distributeurs d'Energie,
- des critères techniques : $\cos\phi$ cible, puissance des charges secourues, présence de générateurs d'harmoniques, ...

Ces considérations sont à prendre en compte au cours de la phase de définition détaillée de l'installation électrique (postérieure à la phase APS).

5 Critères d'évaluation pour l'adaptation du principe au projet

Pour chacun des critères déterminants, il faut fournir une définition et les différents niveaux de priorité accordés. Ces critères sont évalués à la fin des 3 étapes de définition d'architecture.

5.1 Temps de chantier

Définition

Temps de mise en œuvre du matériel électrique sur le site.

Différents niveaux de priorité

■ Niveau secondaire

Le temps de chantier peut être prolongé, si cela génère une réduction du coût total de l'installation.

■ Niveau privilégié

Le temps de chantier doit être minimisé, sans engendrer de surcoût significatif.

■ Niveau critique

Le temps de chantier doit être réduit au minimum de manière impérative, même au détriment d'un coût total d'installation plus élevé.

5.2 Impact environnemental

Définition

Considération des contraintes environnementales dans la conception de l'installation. Sont pris en compte : la consommation de ressources naturelles, les pertes Joule (liées à l'émission de CO₂), le potentiel de "recyclabilité", tout au long de la vie de l'installation.

Différents niveaux de priorité

■ Niveau non significatif

Les contraintes environnementales ne font l'objet d'aucune considération particulière.

■ Niveau minimal

L'installation est conçue dans le respect du minimum réglementaire.

■ Niveau proactif

L'installation est conçue avec un soucis aigu de préservation de l'environnement.

Un surcoût est admis dans cette situation. Exemple : utilisation de transformateurs à faibles pertes.

Généralités

L'impact environnemental d'une installation est déterminé selon la méthode qui consiste à mener une analyse du cycle de vie de l'installation, dans lequel sont traitées les 3 phases suivantes :

- la construction,
- l'exploitation,
- la fin de vie (démantèlement, recyclage).

En terme d'impact environnemental, 3 indicateurs (au moins) peuvent être pris en compte et influencés par la conception d'une installation électrique. Bien que chaque phase du cycle de vie contribue aux trois indicateurs, chacun de ces indicateurs est majoritairement lié à l'une d'entre elles :

- la consommation de ressources naturelles impacte (majoritairement) la phase de construction,
- la consommation d'énergie impacte (essentiellement) la phase d'exploitation,
- le potentiel de "recyclabilité" impacte la fin de vie.

Le tableau suivant précise les contributeurs aux 3 indicateurs environnementaux (cf. Fig D7).

Indicateurs	Contributeurs
Consommation de ressources naturelles	Masse et type des matériaux utilisés
Consommation d'énergie	Pertes Joule en charge et à vide
Potentiel de "recyclabilité"	Masse et type des matériaux utilisés

Fig D7 : Contributeurs aux 3 indicateurs environnementaux

D14

5 Critères d'évaluation pour l'adaptation du principe au projet

5.3 Niveau de maintenance préventive

Définition

Nombre d'heures et sophistication de la maintenance réalisée en cours d'exploitation conformément aux recommandations du constructeur pour assurer un fonctionnement sûr de l'installation et le maintien du niveau de performances (éviter les défaillances : déclenchements, pannes, ...).

Différentes catégories

- Niveau standard
Suivant les recommandations constructeur.
- Niveau renforcé
Suivant les recommandations constructeur, avec environnement contraignant.
- Niveau spécifique
Plan de maintenance spécifique, répondant à des exigences élevées de continuité de service, et nécessitant un haut niveau de compétence du personnel de maintenance.

D15

5.4 Disponibilité de l'alimentation électrique

Définition

C'est la probabilité qu'une installation électrique soit apte à fournir une énergie de qualité conforme aux spécifications des équipements qu'elle alimente. Elle s'exprime par un taux de disponibilité :

$$\text{Disponibilité (\%)} = (1 - \text{MTTR} / \text{MTBF}) \times 100$$

MTTR (Mean Time To Repair) : temps moyen d'intervention pour rendre le système électrique à nouveau opérationnel suite à une panne (il comprend la détection de la cause de panne, sa réparation et la remise en service).

MTBF (Mean Time Between Failure) : mesure le temps moyen pendant lequel le système électrique est opérationnel et permet ainsi le bon fonctionnement de l'application.

Différentes catégories

Les différentes catégories de disponibilité ne peuvent être définies que pour un type donné d'installation. Par exemple : hôpitaux, data centers.

Exemple de la classification utilisée dans les data centers

Niveau 1 ("tier I") : l'alimentation et la climatisation sont assurées par un seul canal, sans redondance, ce qui permet une disponibilité de 99,671 %.

Niveau 2 ("tier II") : l'alimentation et la climatisation sont assurées par un seul canal, avec redondance, ce qui permet une disponibilité de 99,741 %.

Niveau 3 ("tier III") : l'alimentation et la climatisation sont assurées par plusieurs canaux, avec un seul canal redondant, ce qui permet une disponibilité de 99,982 %.

Niveau 4 ("tier IV") : l'alimentation et la climatisation sont assurées par plusieurs canaux avec redondance, ce qui permet une disponibilité de 99,995 %.

6 Choix des fondements de l'architecture

D16

Le schéma unifilaire peut être décomposé en différentes parties essentielles, qui sont déterminées au cours de 2 étapes successives. Les choix pour l'étape 1 sont effectués en fonction des caractéristiques indiquées dans le paragraphe 3.

Etape 1, choix des fondements de l'architecture

- Raccordement au réseau du distributeur.
- Configuration des circuits MT.
- Nombre de transformateurs d'alimentation.
- Nombre et répartition des postes de transformation.
- Générateur de secours en MT.

Rappel des caractéristiques à prendre en compte (voir §3) :

- type d'activité du site,
- configuration du site,
- latitude de positionnement,
- disponibilité du réseau de distribution publique,
- maintenabilité,
- évolutivité de l'installation,
- puissance totale des charges installées,
- uniformité d'installation des charges,
- sensibilité des circuits aux coupures d'alimentation,
- sensibilité des circuits aux perturbations,
- pouvoir perturbateur des circuits,
- autres contraintes.

6.1 Raccordement au réseau du Distributeur

Différentes configurations possibles (cf. Fig. D8) :

- raccordement en BT,
- raccordement en MT par simple dérivation,
- raccordement en MT par coupure d'artère,
- raccordement en MT par double dérivation,
- raccordement en MT par double dérivation avec double jeux de barres.

Les dispositifs de comptage, protection, et de sectionnement situés dans le poste de livraison ne sont pas représentés sur les schémas suivants. En effet, ils sont souvent spécifiques à chaque Distributeur, et n'ont pas d'influence sur le choix d'architecture de l'installation.

Pour chaque raccordement, un seul transformateur est représenté par simplification, mais dans la pratique, plusieurs transformateurs peuvent être raccordés.

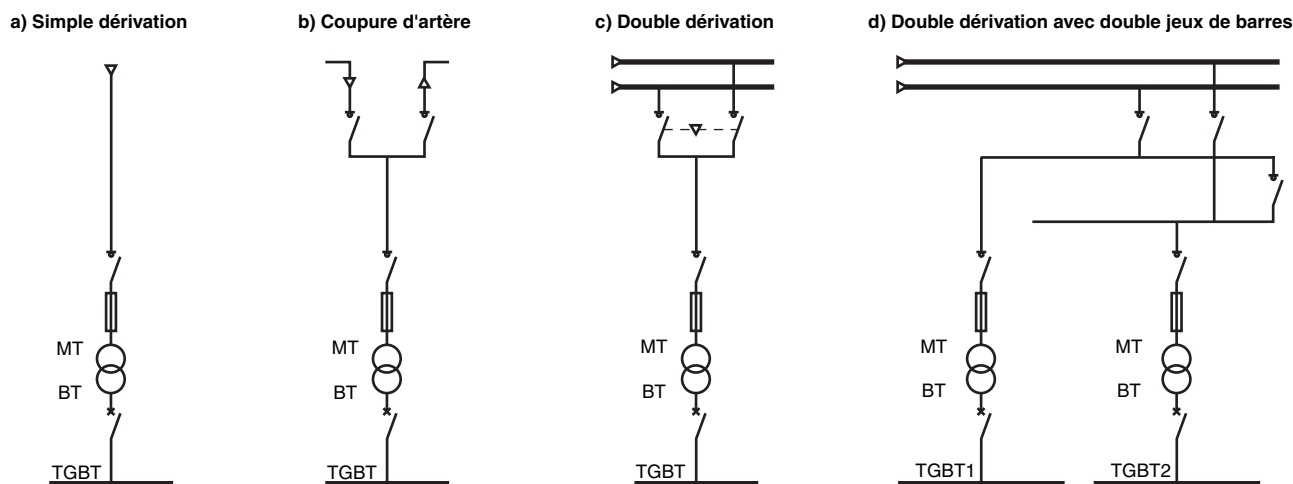


Fig. D8 : Raccordement en MT au réseau du Distributeur

6 Choix des fondements de l'architecture

Caractéristiques typiques pour chacune des différentes configurations possibles :

Caractéristique à considérer	Configuration				
	BT	MT			
		Simple dérivation	Coupure d'artère	Double dérivation	Double dérivation avec double jeux de barres
Type d'activité	Quelconque	Quelconque	Quelconque	Hi-tech, bureaux sensibles, santé	Quelconque
Configuration du site	Bâtiment unique	Bâtiment unique	Bâtiment unique	Bâtiment unique	Bâtiment unique
Disponibilité du réseau de distribution publique	Minimale	Minimale	Standard	Renforcée	Renforcée
Puissance totale	< 630 kVA	≤ 1250 kVA	≤ 2500 kVA	> 2500 kVA	> 2500 kVA
Autres contraintes de raccordement	Quelconque	Site isolé	Zone urbaine faible densité	Zone urbaine forte densité	Zone urbaine avec contrainte Distributeur

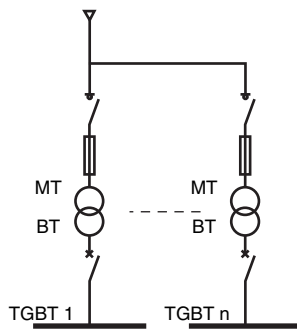
D17

6.2 Configuration des circuits MT

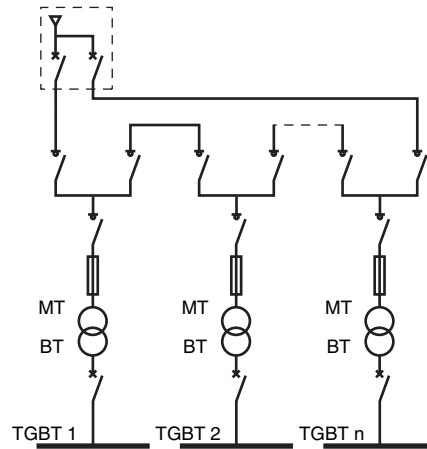
Différentes configurations possibles (cf. Fig. D9) :

- alimentation en antenne, un ou plusieurs transformateurs,
- boucle ouverte, une arrivée MT,
- boucle ouverte, 2 arrivées MT.

a) Antenne



b) Boucle ouverte, 1 poste MT



c) Boucle ouverte, 2 postes MT

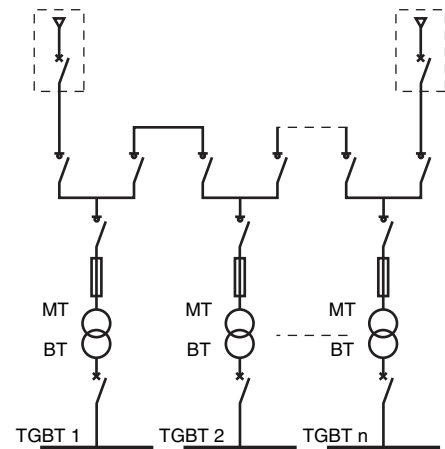


Fig. D9 : Configurations de circuits MT

Guide de choix

La configuration de base est une architecture radiale en antenne, avec un seul transformateur.

En cas d'utilisation de plusieurs transformateurs, on ne réalise pas de boucle si tous les transformateurs sont situés dans un même poste.

La configuration en boucle fermée n'est pas prise en compte.

Pour chacune des différentes configurations possibles, la figure D10 ci-contre indique quelles sont les valeurs typiques des caractéristiques d'installation.

Caractéristique à considérer	Configuration		
	Antenne	Boucle ouverte 1 poste MT	Boucle ouverte 2 postes MT
Configuration du site	Quelconque < 25000 m ²	Bâtiment à un seul niveau ou plusieurs bâtiments ≤ 25000 m ²	Plusieurs bâtiments ≥ 25000m ²
Maintenabilité	Minimale ou standard	Renforcée	Renforcée
Puissance totale	Quelconque	> 1250 kVA	> 2500 kVA
Sensibilité des circuits / coupures	Coupure longue acceptable	Coupure brève acceptable	Coupure brève acceptable

Fig. D10 : Valeurs typiques des caractéristiques d'installation

Autre configuration exceptionnelle : alimentation par 2 postes MT et raccordement des transformateurs à chacun des 2 postes ("double attache MT").

6.3 Nombre et répartition des postes de transformation MT - BT

Caractéristiques à considérer :

- surface du bâtiment ou du site,
- puissance totale des charges installées, (à comparer aux puissances standardisées de transformateurs),
- uniformité d'installation des charges.

Guide de choix

La configuration de base préférentielle comprend un poste unique.

Facteurs contribuant à augmenter le nombre de postes (> 1) :

- surface étendue (> 25000 m²),
- configuration du site : plusieurs bâtiments,
- puissance totale > 2500 kVA,
- sensibilité aux coupures (besoin de redondance en cas d'incendie).

Caractéristique à considérer	Configuration		
	1 poste N transformateurs	N postes N transformateurs (postes identiques)	N postes M transformateurs (puissances différentes)
Configuration du bâtiment	< 25000 m ²	≥ 25000 m ² 1 bâtiment à plusieurs étages	≥ 25000 m ² plusieurs bâtiments
Puissance totale	< 2500 kVA	≥ 2500 kVA	≥ 2500 kVA
Uniformité d'installation des charges	Charges localisées	Charges uniformément réparties	Répartition intermédiaire

Fig. D11 : Caractéristiques typiques des différentes configurations

6 Choix des fondements de l'architecture

6.4 Nombre de transformateurs MT/BT

Caractéristiques à considérer :

- surface du bâtiment ou du site,
- puissance totale des charges installées,
- sensibilité des circuits aux coupures d'alimentation,
- sensibilité des circuits aux perturbations,
- évolutivité de l'installation.

Guide de choix

La configuration de base préférentielle comprend un transformateur unique fournissant la puissance totale des charges installées.

Facteurs contribuant à augmenter le nombre de transformateurs (> 1), de puissances égales de préférence :

- puissance totale installée élevée (> 1250 kVA : limite pratique de puissance unitaire (standardisation, facilité de remplacement, encombrement, ...)) ;
- surface étendue (> 5000 m²) : la mise en place de plusieurs transformateurs au plus près de charges réparties permet de réduire les longueurs de canalisations BT ;
- besoin de redondance :
 - partielle : marche dégradée possible en cas de défaillance d'un transformateur,
 - totale : fonctionnement normal assuré en cas de défaillance d'un transformateur ;
- séparation de charges sensibles et perturbatrices (exemples : informatique, moteurs).

D19

6.5 Générateur de secours en MT

Caractéristiques à considérer :

- activité du site,
- puissance totale des charges installées,
- sensibilité des circuits aux coupures d'alimentation,
- disponibilité du réseau de distribution publique,
- autres contraintes.

Guide de choix

La configuration de base préférentielle ne comprend pas de générateur en MT.

Facteurs contribuant à l'installation d'un générateur en MT :

- activité du site : process avec co-génération, optimisation de la facture énergétique,
- disponibilité du réseau de distribution publique : faible.

L'installation d'un générateur de secours peut également être effectuée au niveau BT. Voir § 7.3.

Il s'agit de la deuxième étape de conception de l'installation électrique. Au cours de cette étape sont effectués les choix suivants :

- implantation,
- distribution centralisée ou décentralisée,
- présence de générateurs de secours,
- présence d'Alimentations Sans Interruption,
- configuration des circuits BT,
- combinaisons d'architectures.

7.1 Implantation topologique

Définition

Position des principaux équipements MT et BT sur le site ou dans le bâtiment.

Généralités

Ce choix d'implantation est appliqué aux résultats de l'étape 1 et aux différents circuits à l'étape 2.

Guide de choix

- placer les sources d'alimentation au plus près du barycentre des récepteurs consommateurs d'énergie,
- réduire les contraintes d'ambiance : construction d'un local dédié si l'implantation dans l'atelier est trop contraignante (température, vibrations, poussière, ...),
- placer les équipements lourds (transformateurs, générateurs, ...) à proximité des façades ou des issues principales pour faciliter la maintenance.

Un exemple de plan est donné dans l'illustration suivante (cf. Fig. D12) :

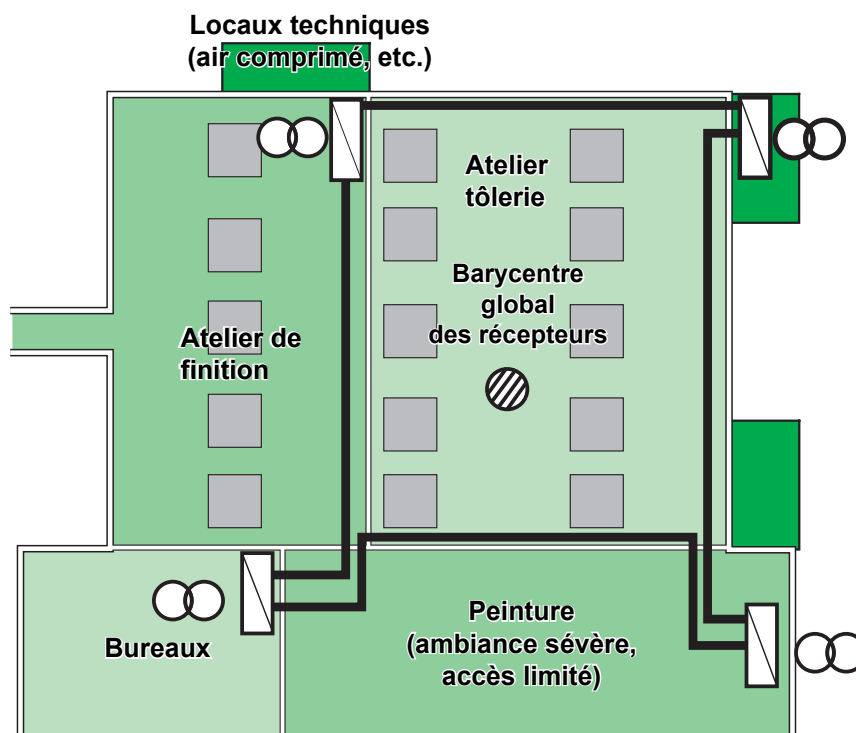


Fig. D12 : La position du barycentre global des récepteurs permet d'orienter le placement des sources

7.2 Distribution centralisée ou décentralisée

Définitions

- Distribution centralisée
les récepteurs sont raccordés aux sources par un câblage en étoile (cf. Fig. D13).
- Distribution décentralisée
les récepteurs sont raccordés aux sources par un bus d'énergie (cf. Fig. D14).

Généralités

- Les câbles sont bien adaptés à la distribution centralisée, par des liaisons point à point (distribution radiale, en étoile) :

D21

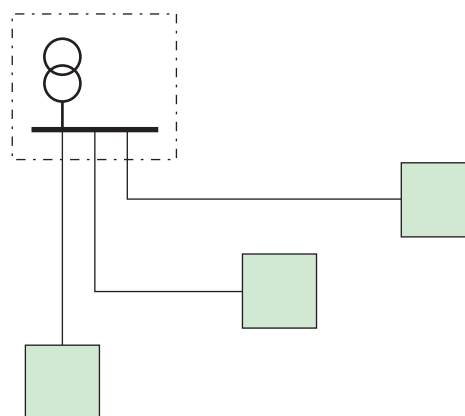


Fig. D13 : Exemple de distribution centralisée avec liaisons point à point

- Les CEP sont bien adaptées à la distribution décentralisée, pour l'alimentation de charges nombreuses et réparties, apportant une facilité de modification, de déplacement ou d'adjonction de raccordement :

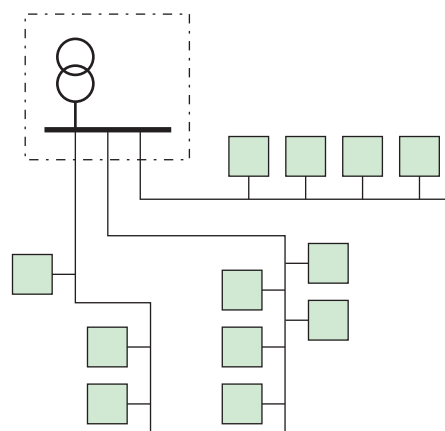


Fig. D14 : Exemple de distribution décentralisée, avec liaisons par CEP

Guide de choix

Facteurs en faveur de la distribution centralisée (cf. Fig. D15 page suivante) :

- évolutivité d'installation : faible,
- uniformité d'installation : charges localisées de forte puissance unitaire, hétérogènes.

Facteurs en faveur de la distribution décentralisée :

- évolutivité d'installation : élevée (déplacement de postes de travail, ...),
- uniformité d'installation : charges uniformément réparties de faible puissance unitaire et homogènes.

Evolutivité	Uniformité d'installation des charges		
	Localisées	Répartition intermédiaire	Uniformément réparties
Pas d'évolutivité	Centralisée		Décentralisée
Evolutivité de conception			
Evolutivité d'installation	Centralisée	Décentralisée	
Flexibilité d'exploitation			

Fig. D15 : Recommandations pour la distribution centralisée ou décentralisée

L'alimentation par câbles assure une plus grande indépendance des circuits (éclairage, prises de courant, HVAC, force motrice, auxiliaires, sécurité, ...), réduisant les conséquences d'un défaut du point de vue de la disponibilité de l'énergie.

L'utilisation de CEP permet la mutualisation des circuits d'alimentation des charges et un gain sur les conducteurs en tirant parti d'un coefficient de simultanéité. Le choix entre câble et CEP permet, en fonction du coefficient de simultanéité, de trouver un optimum économique entre les coûts d'investissement et de montage, et les coûts d'exploitation.

7.3 Présence de générateurs de secours (cf. Fig. D16)

Généralités

On considère ici les générateurs de secours en BT seulement.

L'énergie électrique fournie par un générateur de secours est produite par un alternateur, entraîné par un moteur thermique.

Aucune énergie ne peut être produite tant que le générateur n'a pas atteint sa vitesse nominale. Ce type de dispositif ne convient donc pas pour une alimentation sans coupure.

Suivant la capacité du générateur à alimenter l'ensemble ou une partie de l'installation, il y a redondance totale ou partielle.

Un générateur de secours fonctionne généralement déconnecté du réseau.

Un système de permutation de sources est donc nécessaire.

Le générateur peut fonctionner en permanence ou par intermittence. Son autonomie est fonction de la quantité de carburant disponible.

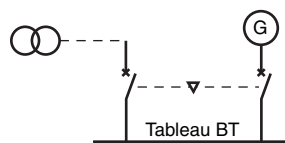


Fig. D16 : Raccordement d'un générateur de secours

Caractéristiques à considérer :

- sensibilité des charges aux coupures d'alimentation,
- disponibilité du réseau de distribution publique,
- autres contraintes (exemple : générateurs obligatoires dans les hôpitaux ou IGH).

Remarque : la présence de générateurs peut être motivée par la réduction de la facture énergétique ou l'opportunité de co-génération. Ces deux aspects ne sont pas pris en compte dans ce guide.

Guide de choix

- La présence d'un générateur de secours est impérative si les charges ne peuvent pas être délestées pour une durée indéfinie (coupure longue acceptable seulement) ou si la disponibilité du réseau du Distributeur est faible.
- La détermination du nombre de groupes de secours répond aux mêmes critères que la détermination du nombre de transformateurs (voir 6.3), ainsi qu'à des considérations économiques et de disponibilité (redondance, fiabilité de démarrage, facilité de maintenance).

7.4 Présence d'Alimentation Sans Interruption (ASI)

Généralités

L'énergie électrique d'une ASI est fournie à partir d'un dispositif de stockage : batterie d'accumulateurs ou volant d'inertie. Ce système permet d'éviter toute coupure d'alimentation. L'autonomie du système est limitée : de quelques minutes à quelques heures.

La présence simultanée d'un générateur de secours et d'une alimentation sans interruption permet d'alimenter en permanence des charges pour lesquelles aucune coupure n'est acceptable (cf. Fig. D17). L'autonomie de la batterie ou du volant d'inertie doit être compatible avec le temps maximum de démarrage et de prise de charge du générateur.

Une ASI permet également d'alimenter des charges sensibles aux perturbations (génération d'une tension "propre" indépendante du réseau).

Caractéristiques à considérer :

- sensibilité des charges aux coupures d'alimentation,
- sensibilité des charges aux perturbations.

Guide de choix

- La présence d'une ASI est impérative si et seulement si aucune coupure n'est acceptable.

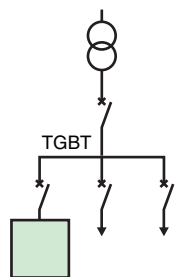


Fig. D18 : Configuration radiale en antenne

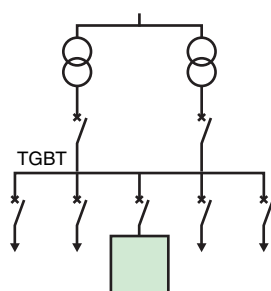


Fig. D19 : Configuration en dipôle

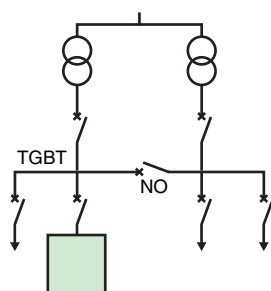


Fig. D20 : Dipôle avec deux TGBT et liaison NO

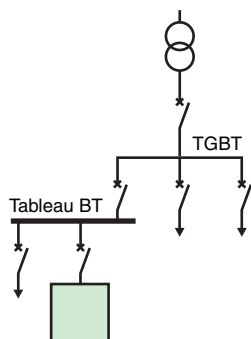


Fig. D21 : Tableau délestable

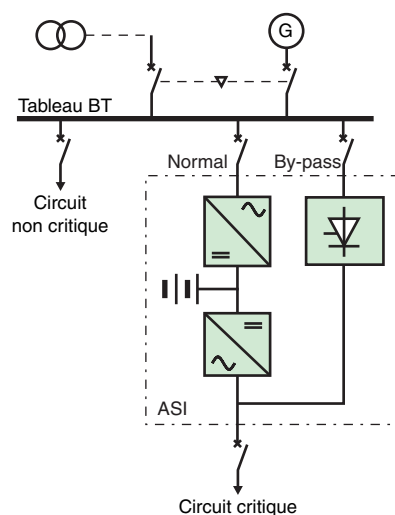


Fig. D17 : Exemple de raccordement d'une ASI

7.5 Configuration des circuits BT

Différentes configurations possibles

- Configuration radiale en antenne (cf. Fig. D18)

Il s'agit de la configuration de référence, la plus simple. Une charge n'est reliée qu'à une seule source. Cette configuration assure le niveau minimal de disponibilité, puisqu'il n'existe pas de redondance en cas de défaillance de la source d'alimentation.

- Configuration en dipôle (cf. Fig. D19)

L'alimentation est assurée par 2 transformateurs, reliés à la même ligne MT. Lorsque les transformateurs sont proches, ils sont généralement raccordés en parallèle au même TGBT.

- Variante : dipôle avec deux TGBT (cf. Fig. D20)

Afin d'augmenter la disponibilité en cas de défaut sur le jeu de barres ou autoriser la maintenance sur l'un des transformateurs, il est possible de scinder le TGBT en 2 parties, avec liaison normalement ouverte (NO).

Cette configuration nécessite généralement un automatisme de basculement (Automatic Transfer Switch, ATS).

- Tableau délestable (simple attache déconnectable) (cf. Fig. D21)

Un ensemble de circuits délestables peuvent être raccordés à un tableau dédié. La connexion au TGBT est interrompue en cas de nécessité (surcharge, fonctionnement sur générateur, ...).

D24

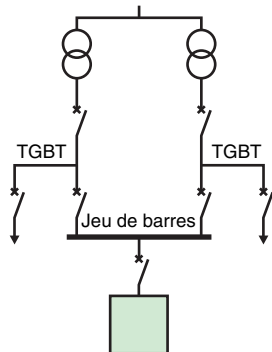


Fig. D22 : Tableaux interconnectés

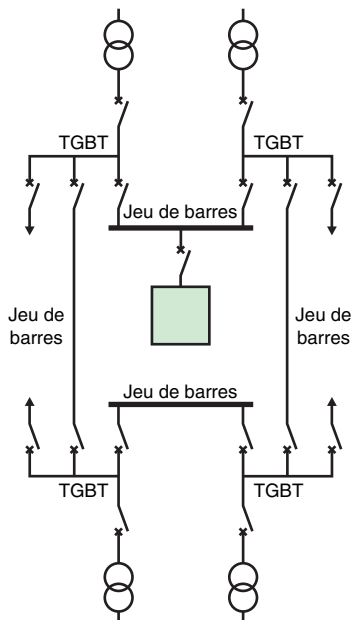


Fig. D23 : Configuration en boucle

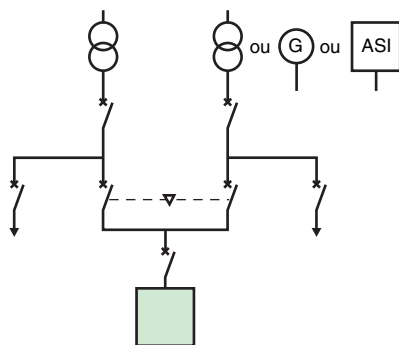


Fig. D24 : Configuration à double attache avec inverseur de source

■ Tableaux interconnectés (cf. Fig. D22)

Si les transformateurs sont physiquement éloignés, ils peuvent être connectés par l'intermédiaire d'une canalisation de puissance (jeu de barres).

Une charge critique peut être alimentée par l'un ou l'autre des transformateurs.

La disponibilité de l'énergie est donc améliorée, puisque la charge peut toujours être alimentée en cas de défaillance de l'une des sources.

La redondance peut être :

- Totale : chaque transformateur étant capable d'alimenter l'ensemble de l'installation,
- Partielle : chaque transformateur ne pouvant alimenter qu'une partie de l'installation. Dans ce cas, une partie des charges doit être déconnectée (délestage) en cas de défaillance de l'un des transformateurs.

■ Configuration en boucle (cf. Fig. D23)

Cette configuration peut être considérée comme une extension de la configuration avec interconnexion entre tableaux. Typiquement, 4 transformateurs connectés par la même ligne MT alimentent une boucle réalisée à l'aide de canalisations préfabriquées. Une charge donnée est donc alimentée par plusieurs transformateurs mutualisés.

Cette configuration est bien adaptée aux installations étendues, avec une forte densité de charge (en kVA/m²).

Si l'ensemble des charges peut être alimenté par 3 transformateurs, il y a une redondance totale en cas de défaillance de l'un des transformateurs. En effet, chaque busbar peut être alimenté par l'une ou l'autre de ses extrémités. Sinon, un fonctionnement en marche dégradée doit être envisagé (avec délestage partiel). Cette configuration nécessite une étude particulière du plan de protection pour assurer la sélectivité dans toutes les circonstances de défaut.

■ Alimentation par double attache (cf. Fig. D24)

Cette configuration est mise en œuvre dans les cas où une disponibilité maximale est requise.

Le principe consiste à disposer de 2 sources indépendantes, par exemple :

- 2 transformateurs alimentés par des lignes MT différentes,
- 1 transformateur et 1 générateur,
- 1 transformateur et 1 ASI.

Un inverseur de source ou un "automatic transfer switch" (ATS) est utilisé pour éviter la mise en parallèle des sources.

Cette configuration permet de faire la maintenance préventive et curative de l'ensemble de la distribution électrique en amont sans interrompre l'alimentation.

■ Combinaisons de configurations (cf. Fig. D25)

Une installation peut être constituée de plusieurs sous-ensembles dont les configurations sont différentes, suivant les besoins de disponibilité des différents types de charge.

Exemples :

- groupe de secours et ASI,
- choix par secteurs : secteurs alimentés par câbles et d'autres par CEP.

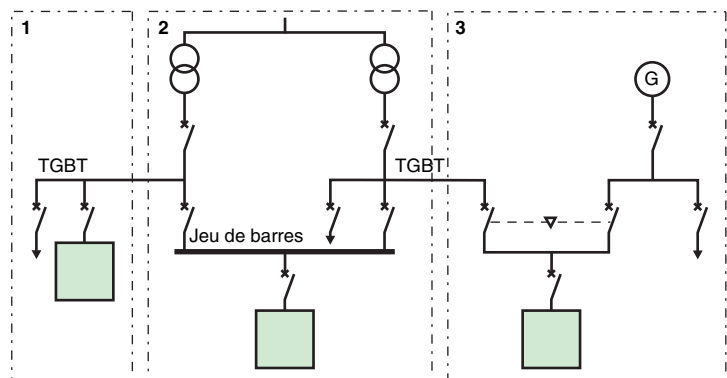


Fig. D25 : Exemple de combinaison de configurations
1 : Antenne, 2 : Interconnexion entre tableaux, 3 : Double attache

7 Choix des détails d'architecture

Guide de choix

Valeurs typiques des caractéristiques pour chacune des différentes configurations possibles.

Caractéristique à considérer	Configuration					
	Radiale	Dipôle	Tableau délestable	Tableaux interconnectés	Boucle	Double attache
Configuration du site	Quelconque	Quelconque	Quelconque	1 niveau 5 à 25000 m ²	1 niveau 5 à 25000 m ²	Quelconque
Latitude de positionnement	Quelconque	Quelconque	Quelconque	Moyenne ou élevée	Moyenne ou élevée	Quelconque
Maintenabilité	Minimale	Standard	Minimale	Standard	Standard	Renforcée
Puissance	< 2500 kVA	Quelconque	Quelconque	≥ 1250 kVA	> 2500 kVA	Quelconque
Uniformité d'installation	Charges localisées	Charges localisées	Charges localisées	Répartition intermédiaire ou charges uniformément réparties	Charges uniformément réparties	Charges localisées
Sensibilité aux coupures	Coupures longues acceptables	Coupures longues acceptables	Délestable	Coupures longues acceptables	Coupures longues acceptables	Coupures brèves ou aucune coupure
Sensibilité aux perturbations	Faible	Haute	Faible	Haute	Haute	Haute
Autres contraintes	/	/	/	/	/	Charges double attache

D25

8 Choix de solutions technologiques

D26

Le choix des solutions technologiques constitue l'étape 3 de la conception de l'installation électrique. L'objectif de cette étape est la sélection d'équipements dans les catalogues des constructeurs, en indiquant les principaux avantages apportés. Le choix des solutions technologiques découle du choix d'architecture, ce qui réduit naturellement les possibilités.

Liste des solutions technologiques à considérer :

- poste MT/BT,
- tableaux MT,
- transformateurs,
- tableaux BT,
- CEP,
- onduleurs,
- équipements de compensation d'énergie réactive et filtrage.

Critères à considérer :

- ambiance, environnement,
- indice de service,
- disponibilité d'offre par pays,
- exigence des Distributeurs d'Energie,
- choix d'architecture effectués en amont.

Guide de choix

Le choix de matériel est essentiellement lié à la disponibilité d'offre par pays. Ce critère prend en compte la disponibilité de certaines gammes de matériel ou de support technique local. Se reporter aux catalogues et guides de choix disponibles par pays.

9 Recommandations pour optimiser une architecture

Comment faire évoluer l'architecture pour améliorer les critères d'évaluation (cités au § 5) ?

9.1 Temps de chantier

Pour être compatible avec un temps de chantier "privilégié" ou "critique", il convient de limiter les aléas en appliquant les recommandations suivantes :

- utiliser des solutions éprouvées et des équipements validés et testés par les constructeurs (tableau "fonctionnel" ou "constructeur" en fonction de la criticité de l'application),
- préférer la mise en œuvre d'équipements pour lesquels il existe un réseau de distribution fiable et pour lesquels il est possible de bénéficier d'un support localement (fournisseur bien implanté),
- favoriser l'utilisation d'équipements préfabriqués (poste MT/BT, CEP), permettant de limiter le volume des opérations sur site,
- limiter la variété d'équipements à mettre en œuvre (par exemple la puissance des transformateurs),
- éviter de mixer des matériels de constructeurs différents.

D27

9.2 Impact environnemental

L'optimisation du bilan environnemental d'une installation consiste à réduire :

- les pertes Joule en charge et les pertes à vide au cours du fonctionnement de l'installation,
- globalement la masse de matériaux utilisés pour réaliser l'installation.

Pris de manière disjointe et raisonnés au niveau d'un seul équipement, ces deux objectifs pourraient sembler contradictoires. Toutefois, appliqués à l'ensemble de l'installation, il est possible de concevoir l'architecture pour contribuer aux deux objectifs. L'installation optimale ne sera donc pas la somme des équipements optimaux pris séparément, mais le résultat d'une optimisation de l'installation globale. La figure suivante donne un exemple de contributions par famille d'équipements au poids et à la dissipation d'énergie pour une installation de 3500 kVA répartie sur 10000 m².

- L'installation fonctionne à 50% de charge en moyenne, avec un facteur de puissance de 0,8.
- Le site fonctionne 6500 heures par an : 3 shifts + une activité réduite pendant les week-ends et les nuits ainsi qu'un arrêt complet de 1 mois par an pour la maintenance du site et les congés des employés.
- La puissance consommée est de 9,1 GWh.
- La puissance réactive est de 6,8 GVARh. Cette puissance réactive est facturée en plus de la puissance consommée, en suivant les règles locales qui régissent la fourniture d'énergie.

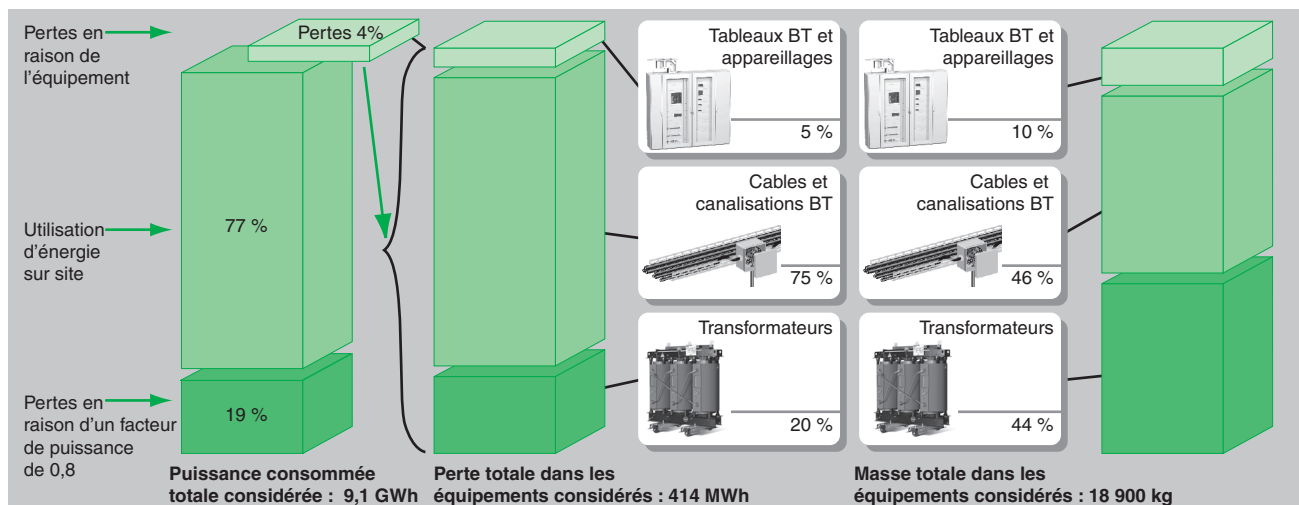


Fig. D26 : Exemple de répartition de pertes et de poids de matière par familles d'équipements

Ces données permettent de mieux comprendre et de prioriser les consommations d'énergie et les facteurs de coûts.

- Le tout premier facteur de la consommation d'énergie est ..l'usage que l'on fait de cette énergie. Cela peut être optimisé en mesurant et en analysant les consommations des charges
- Le second facteur est l'énergie réactive. Elle apporte une charge complémentaire sur le réseau et alourdi la facture d'énergie. Le niveau d'énergie réactive peut être optimisé en mettant en place des solutions de compensation d'énergie.
- C'est le câblage qui est le troisième facteur. Les pertes peuvent être réduites par une organisation et un design optimisé du site et par l'utilisation de canalisations électriques préfabriquées
- Les transformateurs MT et BT représentent le quatrième facteur, environ 1% des pertes
- Les tableaux MT et BT arrivent en dernier avec environ 0,25% des pertes

De manière générale, les câbles et canalisations BT ainsi que les transformateurs MT/BT sont les principaux contributeurs en terme de perte d'exploitation et de masse de matériaux utilisés.

L'optimisation environnementale de l'installation par l'architecture va donc consister à :

- réduire les longueurs de circuits BT dans l'installation,
- mutualiser les circuits BT quand cela est possible pour tirer partie du coefficient de simultanéité.

Objectifs	Moyens
Réduire les longueurs de circuits BT	Placer les sous-stations MT/BT le plus proche possible du barycentre de l'ensemble des charges BT à alimenter, en envisageant les différentes possibilités (1 ou plusieurs sous-stations)
Mutualiser les circuits BT	<p>Lorsque le coefficient de simultanéité d'un groupe de charges à alimenter est inférieur à 0,7, la mutualisation des circuits permet de limiter le volume de conducteurs alimentant ces charges.</p> <p>Concrètement cela consiste à :</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ mettre en place des tableaux divisionnaires au plus près des barycentres des groupes de charges si elles sont localisées, ■ mettre en place des CEP, au plus près des barycentres des groupes de charges si elles sont réparties. <p>La recherche de l'optimal peut conduire à envisager plusieurs scénarios de mutualisation.</p> <p>Dans tous les cas, la diminution de la distance entre le barycentre d'un groupe de charges et l'équipement qui les alimente permet de diminuer les impacts environnementaux.</p>

Fig. D27 : Optimisation environnementale : objectifs et moyens

On montre à titre d'exemple sur la **figure D28** l'impact de la mutualisation des circuits sur la diminution de la distance entre le barycentre des charges d'une installation et celui des sources considérées (TGBT dont la position est imposée). Cet exemple concerne une usine d'embouteillage d'eau minérale pour laquelle :

- la position des équipements électriques (TGBT) est imposée dans des locaux hors zone de process pour des raisons d'accessibilité et de contrainte d'ambiance,
- la puissance installée est l'ordre de 4 MVA.

Dans la première solution les circuits sont répartis par zone géographique.

Dans la seconde solution les circuits sont répartis par fonctions dans le process ou dans le bâtiment.

9 Recommandations pour optimiser une architecture

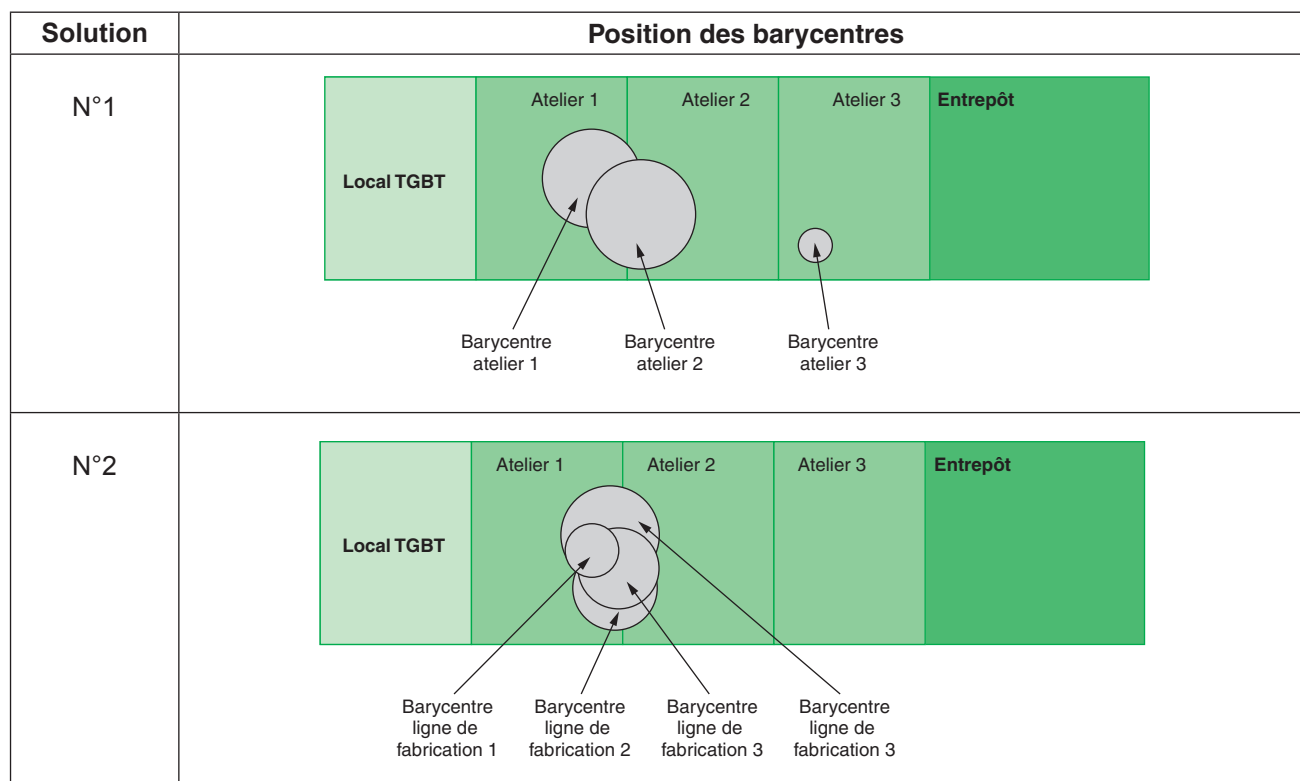


Fig. D28 : Exemple de positionnement de barycentres

Sans modifier l'implantation des équipements électriques, la seconde solution permet un gain de l'ordre de 15 % sur la masse de câbles BT à installer (gain sur les longueurs) et une meilleure homogénéité des puissances des transformateurs.

En complément des optimisations réalisées au niveau de l'architecture, les points suivants contribuent également à l'optimisation :

- la mise en place de compensation d'énergie réactive BT pour limiter les pertes dans les transformateurs et les circuits BT si cette compensation est répartie,
- l'utilisation de transformateurs à faibles pertes,
- l'utilisation de canalisations BT en aluminium quand cela est possible, car les ressources naturelles dans ce métal sont plus importantes.

9.3 Volume de maintenance préventive

Recommandations pour réduire le volume de maintenance préventive :

- utiliser les mêmes recommandations que pour la réduction du temps de chantier,
- concentrer les travaux de maintenance sur les circuits critiques,
- uniformiser les choix d'équipements,
- utiliser des équipements conçus pour des ambiances sévères (et nécessitant moins de maintenance).

9.4 Disponibilité de l'alimentation électrique

Recommandations pour améliorer la disponibilité de l'alimentation électrique :

- réduire le nombre de départs par tableau, afin de limiter les effets d'un éventuel défaut dans un tableau,
- répartir les circuits en fonction des besoins de disponibilité,
- utiliser des équipements en adéquation avec les besoins (voir Indices de Service, § 4.2),
- suivre les guides de choix proposés aux étapes 1 & 2.

Recommandations pour passer d'un niveau de disponibilité au niveau supérieur :

- passer d'une configuration radiale en antenne à une configuration en dipôle,
- passer d'une configuration en dipôle à une configuration à double attache,
- passer d'une configuration double attache à une configuration avec ASI et STS (sans coupure),
- augmenter le niveau de maintenance (diminution du temps de réparation MTTR, augmentation du temps de bon fonctionnement MTBF).

10 Annexe : exemples d'installation

10.1 Exemple 1 : imprimerie

Description succincte

Impression de mailing personnalisé destiné à la vente par correspondance.

Caractéristiques et critères de choix

Caractéristiques définissant le principe de distribution

Caractéristique	Catégorie
Type d'activité du site	Mécanique
Configuration du site	Bâtiment à un seul étage, 10000 m ² (8000 m ² dédiés au process, 2000 m ² pour zones annexes)
Latitude de positionnement	Elevée
Disponibilité du réseau public	Standard
Maintenabilité	Standard
Evolutivité de l'installation	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pas d'évolution envisagée : <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> HVAC <input type="checkbox"/> utilités du process <input type="checkbox"/> alimentation des bureaux ■ Evolutions possibles : <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> finition, mise en enveloppe <input type="checkbox"/> machines spéciales, installation ultérieure <input type="checkbox"/> machines rotatives (incertitude au stade APS)
Puissance totale des charges installées	3500 kVA
Uniformité d'installation des charges	Répartition intermédiaire
Sensibilité des circuits aux coupures d'alimentation	<ul style="list-style-type: none"> ■ Circuits délestables : <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> bureaux (hors prises alimentation PC) <input type="checkbox"/> climatisation, chauffage des bureaux <input type="checkbox"/> locaux sociaux <input type="checkbox"/> local maintenance ■ coupure longue acceptable : <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> machines d'imprimerie <input type="checkbox"/> HVAC atelier (régulation hygrométrique) <input type="checkbox"/> Finition, mise en enveloppe <input type="checkbox"/> Utilités du process (compresseur, recyclage d'eau glacée) ■ Aucune coupure acceptable : <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> serveurs, PC bureaux
Sensibilité des circuits aux perturbations	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sensibilité moyenne : <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> moteurs, éclairage ■ Sensibilité élevée : <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> informatique <p>Pas de précaution particulière à prendre du fait du raccordement au réseau EdF (niveau de perturbations faible)</p>
Pouvoir perturbateur	Non perturbateur
Autres contraintes	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bâtiment avec classification foudre : installation de parafoudres ■ alimentation par ligne aérienne en antenne

Caractéristiques de choix de solutions technologiques

Critère	Catégorie
Ambiance, environnement	<ul style="list-style-type: none"> ■ IP: standard (pas de poussière, pas de projections d'eau) ■ IK: standard (utilisation de vides de construction, local dédié) ■ °C : standard (régulation de température)
Indice de service	211
Disponibilité d'offre par pays	Sans réserve (projet réalisé en France)
Autres critères	RAS

D31

Critères d'évaluation pour l'adaptation du principe au projet

Critère	Catégorie
Temps de chantier	Secondaire
Impact environnemental	Minimal : respect des règlements au standard Europe
Coût de maintenance préventive	Standard
Disponibilité d'alimentation	Niveau I

Etape 1 : principe de distribution (cf. Fig. D29)

Choix effectué en fonction des paramètres du premier tableau page D31.

Choix	Critère prépondérant	Solution
Raccordement au réseau du distributeur	Site isolé	Simple dérivation
Circuits MT	Implantation + criticité	Antenne
Nombre de transformateurs	Puissance > 2500 kVA	2 x 2000 kVA
Nombre et répartition des postes	Surface et répartition de puissance	2 solutions possibles : 1 poste ou 2 postes <ul style="list-style-type: none"> ■ si 1 poste : liaison NO entre TGBT ■ si 2 postes : tableaux interconnectés
Générateur MT	Activité du site	Non

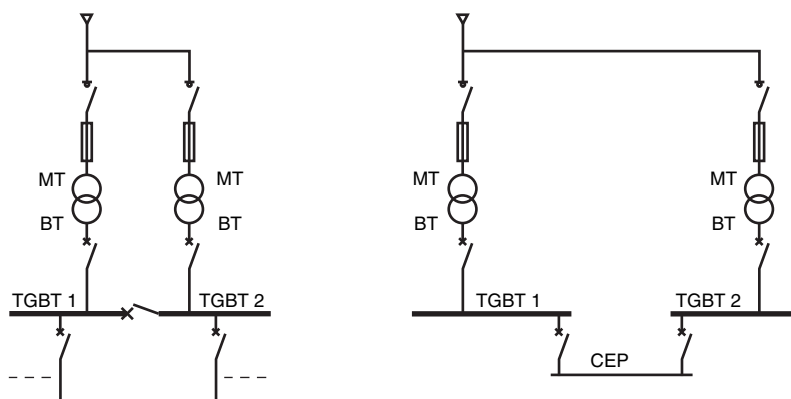


Fig. D29 : Deux possibilités de schéma unifilaire de principe

Etape 2 : adaptation du principe au projet (cf. Fig. D30)

Solution "1 poste"

Choix	Critère prépondérant	Solution
Implantation topologique	Contrainte ambiance	Local dédié
Distribution centralisée ou décentralisée	Charges homogènes, puissance répartie, possibilités d'évolution Charges hétérogènes liaisons directes depuis TGBT	<ul style="list-style-type: none"> ■ Décentralisée avec CEP : <ul style="list-style-type: none"> □ secteur finition, mise en enveloppe ■ Centralisée avec câbles : <ul style="list-style-type: none"> □ machines spéciales, machines rotatives, HVAC, Utilités du process, Bureaux (2 tableaux), Climatisation bureaux, Locaux sociaux, maintenance
Présence de générateur de secours	Criticité ≤ faible Disponibilité réseau : standard	Pas de générateur de secours
Présence d'ASI	Criticité	ASI pour serveurs et PC bureaux
Configuration des circuits BT	2 transfos, redondance partielle possible	<ul style="list-style-type: none"> ■ Dipôle, variante 2 ½ TGBT + liaison NO (réduction du Icc par TGBT, pas de redondance process (≤ faible)) ■ Circuit délestable pour charges non critiques

10 Annexe : exemples d'installation

D33

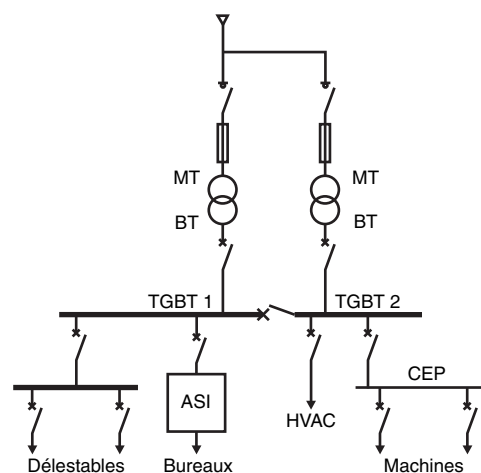


Fig. D30 : Schéma unifilaire détaillé (1 poste)

Choix de solutions technologiques

Choix	Critère prépondérant	Solution
Poste MT/BT	Ambiance, environnement	Intérieur (local dédié)
Tableau MT	Disponibilité d'offre par pays	SM6 (installation réalisée en France)
Transformateurs	Ambiance, environnement	Transformateur sec (évite les contraintes liées à l'huile)
Tableaux BT	Ambiance, IS	TGBT : Prisma Plus P Divisionnaires : Prisma Plus
CEP	Disponibilité d'offre par pays	Canalis KS
Onduleurs	Puissance des charges à alimenter, autonomie	Galaxy PW
Compensation d'énergie réactive	Puissance installée, présence d'harmoniques	BT, standard, automatique (Q moyen, facilité d'installation)

Solution "2 postes"

Idem sauf :
Circuit BT : 2 TGBT distants couplés par CEP.

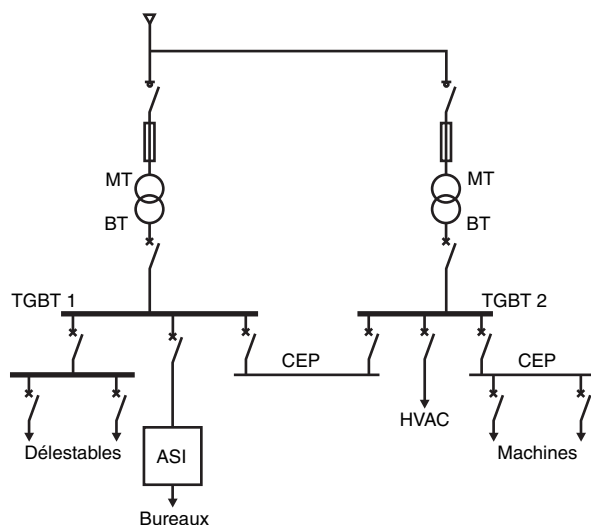


Fig. D31 : Schéma unifilaire détaillé (2 postes)

10.2 Exemple 2 : data center

Description succincte

Centre d'hébergement de fournisseurs Internet.

Caractéristiques et critères de choix

Caractéristiques définissant le principe de distribution

Caractéristique	Catégorie
Type d'activité du site	Bureaux sensibles (data center)
Configuration du site	Bâtiment 1 seul étage, 800 m ²
Latitude de positionnement	Faible
Disponibilité du réseau public	Renforcée
Maintenabilité	Renforcée
Evolutivité de l'installation	<ul style="list-style-type: none"> ■ HVAC: pas d'évolution ■ Serveurs : ajout possible sans perturber le process
Puissance totale des charges installées	<ul style="list-style-type: none"> ■ Critique : 650 kVA ■ HVAC : 250 kVA ■ Divers : 100 kVA
Uniformité d'installation des charges	Homogène
Sensibilité des circuits aux coupures d'alimentations	<ul style="list-style-type: none"> ■ Serveurs : aucune coupure ■ HVAC : coupure brève ■ Divers : délestable
Sensibilité des circuits aux perturbations	<ul style="list-style-type: none"> ■ Serveurs : haute sensibilité ■ HVAC, divers : peu sensible
Pouvoir perturbateur	Non perturbateur
Autres contraintes	Serveurs raccordées par double attache

Critères de choix de solutions technologiques

Critère	Catégorie
Ambiance, environnement	<ul style="list-style-type: none"> ■ IP : standard ■ IK : standard ■ °C : standard
Indice de service	3.3.3
Disponibilité d'offre par pays	Sans réserve (réalisé en France)
Autres critères	RAS

Critères de choix pour l'adaptation du principe au projet

Critère	Catégorie
Temps de chantier	Privilegié
Impact environnemental	Minimal
Coût de maintenance préventive	Spécifique
Disponibilité d'alimentation	Niveau 4 (tiers IV)

Etape 1 : principe de distribution (cf. Fig. D32)

Choix effectué en fonction des paramètres du premier tableau ci-dessus.

Choix	Critère prépondérant	Solution
Raccordement au réseau du distributeur	Charges sensibles	Double dérivation ou mieux, si possible
Circuits MT	Charges double attache	Antenne 2 transfos
Nombre de transformateurs	Redondance	2 transformateurs 1 MVA
Nombre et répartition des postes	Configuration du site (800 m ²)	1 poste
Générateur MT	Puissance installée (1000 kVA)	Pas de générateur MT

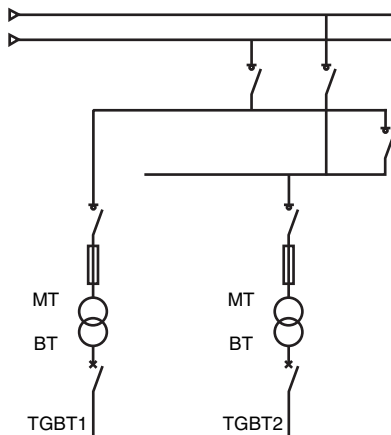


Fig. D32 : Schéma unifilaire de principe

10 Annexe : exemples d'installation

Etape 2 : adaptation du principe au projet

Choix	Critère prépondérant	Solution
Implantation topologique	Barycentre	Alimentation par le bord, au milieu du bâtiment
Distribution centralisée ou décentralisée	Evolutivité, uniformité	Décentralisée avec CEP
Présence de générateur de secours	Temps de coupure acceptable	2 générateurs
Présence d'ASI	Charges critiques	ASI 2 x 1000 kVA, autonomie 10 minutes
Configuration des circuits BT	Besoin de redondance	Double attache

D35

Choix de solutions technologiques

Choix	Critère prépondérant	Solution
Poste MT/BT	Indice de service	Poste préfabriqué
Tableau MT	Disponibilité par pays	SM6
Transformateurs	Ambiance	Trihal
Tableaux BT	Disponibilité pays, maintenabilité	TGBT : Okken débrochable THQ : Prisma+ déconnectable
CEP	Puissance	KN16
Onduleurs	Puissance	Galaxy 500
Compensation d'énergie réactive	Disponibilité pays, puissance	Batterie Rectimat2 standard automatique

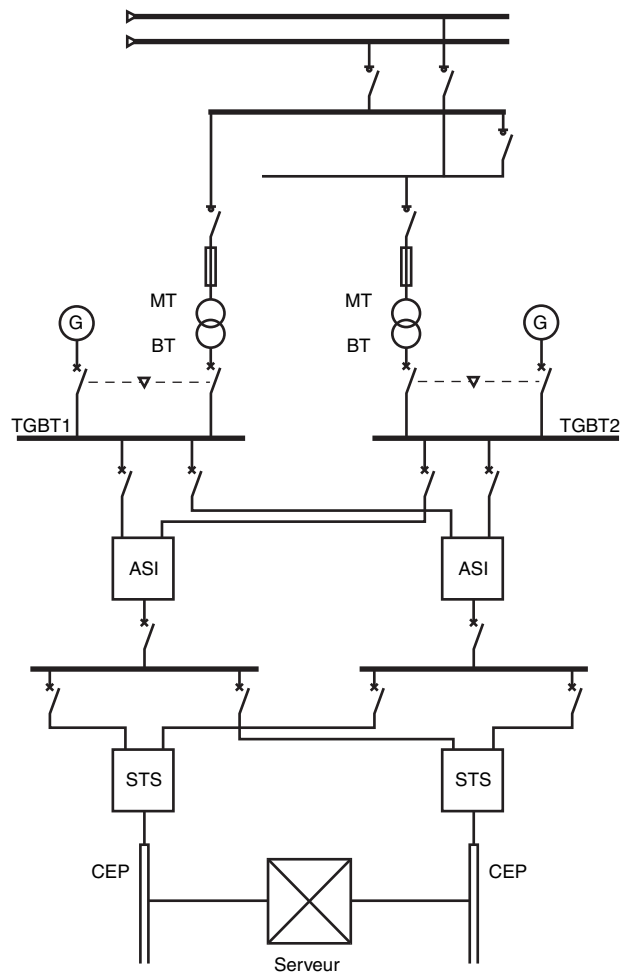


Fig. D33 : Schéma unifilaire détaillé pour alimentation des serveurs

10.3 Exemple 3 : hôpital

Description succincte

Clinique chirurgicale, avec opérations lourdes, programmées.

Caractéristiques et critères de choix

Caractéristiques définissant le principe de distribution

Caractéristique	Catégorie
Type d'activité du site	Bâtiment santé
Configuration du site	Bâtiment à plusieurs étages
Latitude de positionnement	Faible
Disponibilité du réseau public	Renforcée
Maintenabilité	Standard
Evolutivité de l'installation	Pas d'évolutivité
Puissance totale des charges installées	4100 kW
Uniformité d'installation des charges	Charges localisées
Sensibilité des circuits aux coupures d'alimentations	<ul style="list-style-type: none"> ■ délestables : groupes froid, machine à laver ■ coupures longues : cuisines, radiologie ■ coupures brèves : ascenseurs, traitement air ■ aucune coupure : blocs opératoires
Sensibilité des circuits aux perturbations	Haute sensibilité : blocs opératoires
Pouvoir perturbateur	Non perturbateur
Autres contraintes	Règlements spécifiques Hôpitaux, charges double attache

Critères de choix de solutions technologiques

Critère	Catégorie
Ambiance, environnement	Standard
Indice de service	3 3 3 (TGBT), 1 1 1 (Tableau IT médical)
Disponibilité d'offre par pays	Sans réserve
Autres critères	RAS

Critères de choix pour l'adaptation du principe au projet

Critère	Catégorie
Temps de chantier	Privilégié
Impact environnemental	Minimal
Coût de maintenance préventive	Renforcé
Disponibilité d'alimentation	Niveau IV pour blocs opératoires

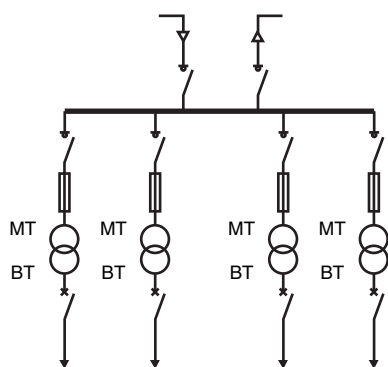


Fig. D34 : Schéma unifilaire de principe

Etape 1 : principe de distribution (cf. Fig. D34)

Choix effectué en fonction des paramètres du premier tableau ci-dessus.

Choix	Critère prépondérant	Solution
Raccordement au réseau du distributeur	Sensibilité aux coupures	Coupure d'artère
Circuits MT	Charges double attache	Antenne
Nombre de transformateurs	Redondance	4 x 800 kVA
Nombre et répartition des postes	Surface du bâtiment	1 poste 4 transfos
Générateur MT	Activité du site	Pas de générateur MT

10 Annexe : exemples d'installation

Etape 2 : adaptation du principe au projet

Choix	Critère prépondérant	Solution
Implantation topologique	Barycentre	TGBT : au centre du bâtiment en sous-sol
	Ambiance	Générateur : poste extérieur
Distribution centralisée ou décentralisée	Evolutivité, uniformité	Distribution centralisée
Présence de générateur de secours	Temps de coupure acceptable	Générateurs : 3 x 1000 kVA
Présence d'ASI	Charges critiques	ASI : 3 x 160 kVA
Configuration des circuits BT	Besoin de redondance	<ul style="list-style-type: none"> ■ Délestables : HVAC ■ Double attache : TGBT prioritaire, tableau HaHq médical + informatique

D37

Choix de solutions technologiques

Choix	Critère prépondérant	Solution
Poste MT/BT	Indice de service	Poste préfabriqué pour intérieur
Tableau MT	Disponibilité par pays	SM6
Transformateurs	Ambiance	Trihal 800 kVA
Tableaux BT	Indice de service	Okken
CEP	/	/
Onduleurs	Puissance, redondance	Galaxy 500, 160 kVA
Compensation d'énergie réactive	Disponibilité pays, puissance	Fixe : 2 x 400 kvar

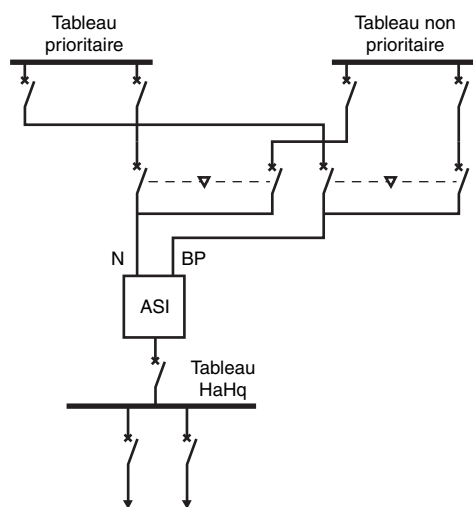


Fig. D35 : Schéma unifilaire : raccordement onduleur

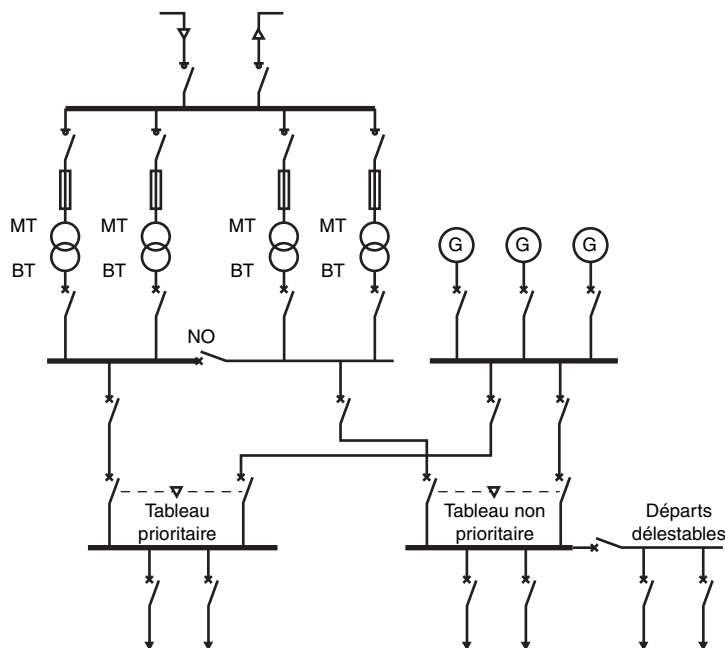


Fig. D36 : Schéma unifilaire détaillé amont

