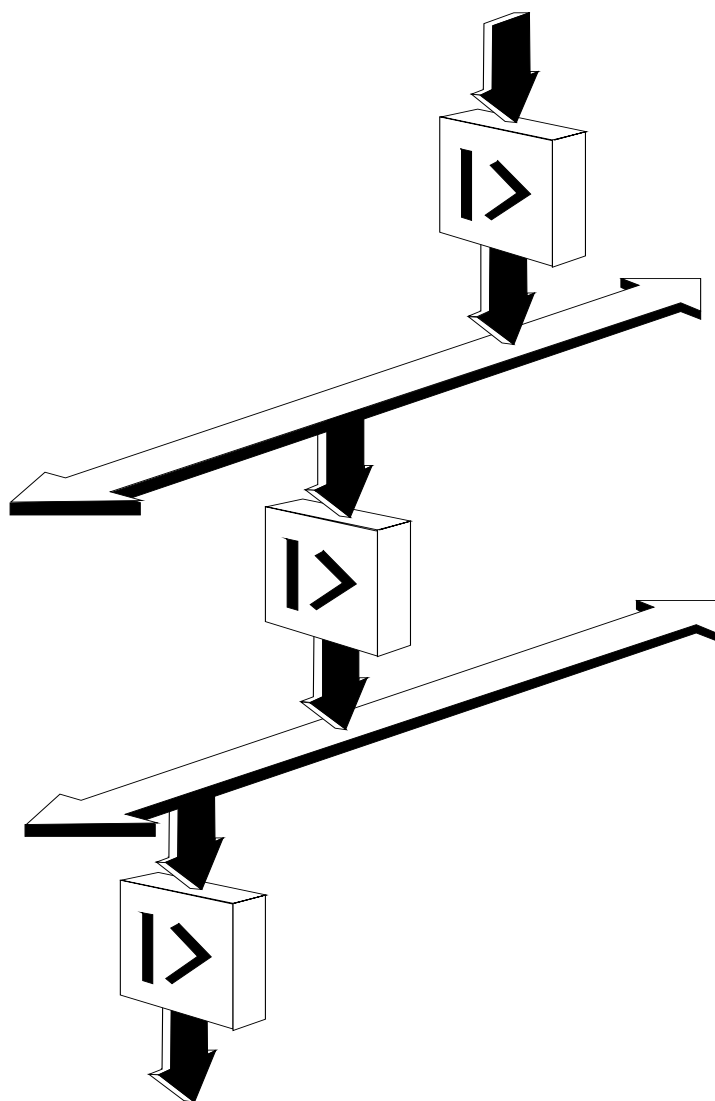


**Etude de Sélectivité**

Réseau d'alimentation HTA

Direction Commerciale France
Centre d'Application en Distribution Electrique
Ile de France - Normandie

N° de document : 21F1-23014446-16 IND-B

Nb de pages : 95

Date d'émission:	Ind:	Etudié par:	Vérifié par :	Approuvé par:
14 mars 2022	B	S. FEUGRAY	J. LIOCHON	P. VIGIER
14 février 2022	A	S. FEUGRAY	J. LIOCHON	P. VIGIER

Evolutions du document



Indice	Nature de l'évolution
A	Edition originale
B	<p>Correctifs :</p> <ul style="list-style-type: none">- Chapitre 8.4.4 Départ Poste GE- Logo APHP <p>Mise à jour :</p> <ul style="list-style-type: none">- Puissance Souscrite 1503kW- Liaisons entre PDL : 3x1x240 mm² Alu- Relais DEIF RMC11D et non 122D (et donc 1 seul seuil)- Poste GME en Antenne (Disjoncteur)- Impact phase transitoire de l'installation (liaison G↔ME 3x1x50mm² Alu sur 5m en caniveau) – Chapitre 14- Ajout des chapitres (10.3 et 12.3) et des conclusions sur les configurations particulières des transformateurs en parallèle (entraînant la non-sélectivité)

Ce document comporte 95 pages y compris la page de garde

Documents propres à l'installation étudiée :

- ✓ Document d'Hypothèse renseigné par le client, Réf : F1-230144406-15B - EdS Hyp - 202111230950
- ✓ Données complémentaires du client :
 - Plaque Signalétique du transformateur CUISINE 630kVA
 - Longueur des câbles HTA
 - Fiche produit GE 3512
 - Fiche produit BCV – Générateur Homopolaire
 - Fiche produit Relais de contrôle d'intensité – RMC
 - LMR_EXE_DBG_CFO_TN_TZ_NDC_030_A - NdeC HT

Normes et dispositions réglementaires applicables à l'étude :

- ⇒ Décret n°88-1056 du 14 novembre 1988 Décret pris pour l'exécution des dispositions du livre II du code du travail (titre III : Hygiène, sécurité et conditions du travail) en ce qui concerne la protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques.
- ⇒ Arrêté du 9 décembre 2003 fixant les modalités pratiques de mise en œuvre des mesures de protection contre les effets thermiques en service normal et en cas de surintensités dans les installations électriques.
- ⇒ CEI 60909 de janvier 2016 – Calcul des courants de court-circuit dans les réseaux triphasés à courant alternatif.
- ⇒ NF C13-100 d'avril 2015 Postes de livraison alimentés par un réseau public de distribution HTA (jusqu'à 33kV).
- ⇒ NF C13-200 de juin 2018 – Installations électriques à haute tension pour les sites de production d'énergie électrique, les sites industriels, tertiaires et agricoles
- ⇒ CEI 60909 de janvier 2016 Calcul des courants de court-circuit dans les réseaux triphasés à courant alternatif.
- ⇒ UTE C15-400 de juillet 2005 – Guide Pratique de raccordements des générateurs d'énergie électrique dans les installations alimentées par un réseau public de distribution
 - Guide Technique de distribution électricité B61.41 du 3 février 2006 – Protection des installations de production raccordées à un réseau de distribution ENEDIS

Sommaire

Evolutions du document	2
1	Objet..... 5
2	Déroulement..... 5
3	Conclusions..... 6
4	Descriptif de l'installation..... 8
4.1	Principe d'exploitation du réseau électrique 8
4.2	Schéma de principe de l'installation 10
5	Caractéristiques du réseau électrique 11
5.1	Caractéristiques du réseau 11
5.2	Centrale secours 12
5.3	Caractéristiques des transformateurs 14
5.4	Réglages Disjoncteurs BT 15
5.5	Câbles HTA 16
5.6	Tableaux HTA 20
6	Limites Thermique Des Equipements HTA..... 27
6.1	Calcul d'I _{cc} max..... 27
6.2	Cellules et appareils de coupure 28
6.3	Dimensionnement des TC 28
6.4	Tenues des câbles HTA en fonction du mode d'exploitation 29
6.5	Temps maximal d'élimination d'un défaut 29
7	Plan de Protection HTA..... 30
7.1	Protection contre les courts-circuits sur ENEDIS 30
7.2	Protection contre les défauts terre sur ENEDIS..... 33
7.3	Protection contre les courts-circuits sur GE..... 37
7.4	Protection contre les défauts terre sur GE 39
7.5	Courant Capacitif Résiduel 40
7.6	Protection contre sur charge sur ENEDIS..... 41
7.7	Protection contre les défauts internes transformateurs 42
8	Définitions des réglages..... 43
8.1	Protection Générale : C13-100 & C15-400 (découplage)..... 43
8.2	Protections départ de boucle 44
8.3	Protections départ antenne 45
8.4	Poste HTA GE..... 46
8.5	Localisateurs de défaut 49
8.6	Postes HT/BT 50
8.7	Protections : Disjoncteurs Basse Tension 52
9	Courbes de Sélectivités..... 53
9.1	Comment lire un graphique temps/courant. 53
10	Courbes de Sélectivités – Défauts Phase/Phase - ENEDIS..... 54
10.1	Postes dans la Boucle 54
10.2	Poste A ou GME en Antenne 58
10.3	Poste A ou GME en Parallèle..... 62
11	Courbes de Sélectivités – Défauts Phase/Terre - ENEDIS..... 64
11.1	Postes dans la boucle 64
11.2	Poste A ou GME en Antenne 66
12	Courbes de Sélectivités – Défauts Phase/Phase - GE..... 68
12.1	Postes dans la boucle 68
12.2	Poste A ou GME en antenne 72
12.3	Poste A ou GME en Parallèle..... 76
12.4	Poste GE 78

13	Courbes de Sélectivités – Défauts Phase/Terre - GH.....	79
13.1	Postes dans la boucle	79
13.2	Poste A ou GME en Antenne	82
13.3	Poste GE : Liaison HT GE.....	84
14	Avis sur la phase provisoire d'exploitation poste G-ME.....	85
15	Calcul de courants de court-circuit.....	86
15.1	Définitions.....	86
15.2	Mode de Fonctionnement A : ENEDIS Seul	87
15.3	Mode de Fonctionnement B : Groupes Electrogènes	88
16	Précautions de mise en œuvre.....	89
16.1	Principe de mise en œuvre de la sélectivité Logique	89
16.2	Montage de tore	89
17	Annexes.....	90
17.1	CODES ANSI utilisés.	90
17.2	Rappel C13-100	91
17.3	Principe de sélectivité et de secours	92



1 Objet



L'étude de sélectivité du réseau HTA de l'APHP Louis Mourier, a pour objectif de déterminer les réglages des protections sur le réseau HTA de manière à assurer dans la mesure du possible l'élimination des courts-circuits et défauts d'isolement (défaut terre : protection des biens) en tout point du réseau (tel que défini dans le périmètre de l'étude) dans un temps compatible avec la tenue des équipements d'une part, et de manière à ce que la première protection (fusible ou disjoncteur) directement en amont du défaut agisse.

2 Déroulement



Etape préalable : Recueil des caractéristiques du réseau électrique.

❶ Calcul des courants de court-circuit minimum et maximum en tout point du réseau dans toutes les configurations d'exploitation.

Ces calculs sont réalisés conformément à la CEI 60-909. (Nous considérons notamment les coefficients à appliquer pour les lcc maximum et minimum : Tolérance sur les tensions, les tolérances des tensions de court-circuit des transformateurs, les impédances des câbles, etc...)

❷ Contrôle préliminaire des tenues thermiques et électrodynamiques des appareils en réseau.

Cette partie permettra de vérifier le comportement des équipements en cas de court-circuit d'une part, et imposera un temps maximum d'élimination du défaut sur les points les plus fragiles du réseau d'autre part. Ce temps maximum d'élimination du défaut et les contraintes réglementaires imposées par le distributeur d'énergie électrique guidera les principes de sélectivité à adopter et le réglage des temporisations des protections contre les courts-circuits.

❸ Elaboration du plan de protection :

A partir des contraintes définies par la partie précédente (temps max d'élimination d'un défaut) et du niveau de disponibilité exigé des installations, nous définirons les principes de sélectivité à adopter et les protections nécessaires en tout point du réseau pour atteindre cet objectif.

❹ Définition des réglages

En respectant les principes de sélectivité définis dans la partie précédente, et en vérifiant la stabilité durant les phénomènes transitoires autres que des courts-circuits ou des défauts d'isolement (Courant d'appel à la mise sous tension des transformateurs, courant capacitif sur départ sain...), nous définirons les réglages des protections. Ces réglages et la sélectivité sont représentés sous forme graphique, et sous forme de tableau de synthèse. La protection de chaque ouvrage (câble ou équipement) comprend au minimum une protection contre les courts-circuits, une protection contre les défauts d'isolement, une protection contre les surcharges.

❺ Synthèse des performances atteintes en termes de sélectivité

Périmètre de l'étude :

L'étude concernera les protections du réseau HTA depuis les protections arrivées 20kV jusqu'à la première protection BT en aval des transformateurs HTA/BT.

Un macro bilan de puissance est effectué à partir de la puissance des transformateurs installés (facteur d'utilisation et de simultanéité égal à 1).

Le dimensionnement des équipements BT suivant les contraintes du réseau ou l'étude des défauts BT (ex : défaut d'isolement BT) n'est pas du ressort de cette étude de Schneider Electric.



3 Conclusions

Commentaires :

- ✎ Dans le périmètre de l'étude, le plan de protection proposé repose principalement sur le principe de la **Sélectivité Logique, Chronométrique et le changement de groupe de réglages**. Ces points imposent de réaliser les liaisons telles que définies au chapitre : **15**.
- ✓ Les réglages des protections C13-100, qui doivent être mis en place par ENEDIS sont :
 - Max de I : 1250 A temporisé à 150 ms (Logique) & 250 ms (Chronométrique)
 - Surcharge : 400 A temporisé à 1 secondes (IEC SIT)
 - Max de I_o : 48 A temporisé à 150 ms (Logique) & 250 ms (Chronométrique)
- ✓ Le dimensionnement de câbles est correct vis-à-vis de la C13-200, de plus nous avons prescrit des réglages permettant de limiter le risque de surcharge sur ces câbles
- ✎ Il est nécessaire de modifier les réglages des DGBT tel que préciser au chapitre : **8.7**.
- ✗ Conformément au chapitre 14, la présence de liaison inter-poste de 3x1x50mm² Alu, impose de modifier les réglages préconisés, durant la phase provisoire, afin de protéger ses liaisons au détriment de la sélectivité. Ainsi les temporisations seront à modifier de 100ms à 50ms. Par la suite, un retour aux réglages de la présente étude sera nécessaire.

Résultat du plan de protection sur ENEDIS (dans le périmètre de l'étude) :

- ✓ Tout court-circuit sur le jeu de barres du TGBT, est éliminé de manière **sélective par les protections installées, à l'exception des cas de transformateurs en parallèle**.
- ✓ Tout court-circuit entre le DGBT et le secondaire du transformateur HT/BT, est éliminé de manière **sélective par les protections installées à l'exception des cas de transformateurs en parallèle**.
- ✓ Tout court-circuit sur le réseau HT est éliminé de manière **sélective par les protections installées**.
- ✓ Tout défaut entre phase et terre sur le réseau HT, est éliminé de manière **sélective par les protections installées**.

Résultat du plan de protection sur GE (dans le périmètre de l'étude) :

- ✓ Tout court-circuit sur le jeu de barres du TGBT, est éliminé de manière **sélective par les protections installées**, à l'exception des cas suivants :
 - ✗ Poste Cuisine : Sélectivité Partielle entre DGBT / Fusible / Départ Boucles.
 - ✗ Poste GME de la boucle : Sélectivité Partielle entre DGBT Départ Transformateur
 - ✗ Poste A ou GME (Antenne) : Sélectivité Partielle entre DGBT / Départ Tr (D ou fusible) / Départ Boucles.
 - ✗ Cas de transformateurs en parallèle.
- ✓ Tout court-circuit entre le DGBT et le secondaire du transformateur HT/BT, est éliminé de manière **sélective par les protections installées**, à l'exception des cas suivants :
 - ✗ Poste Cuisine : Non sélectivité entre Fusible / Départ Boucles de fait de l'inaction des fusibles ($I_{cc} \ll I_{fusion}$).
 - ✗ Poste A de l'Antenne : Sélectivité Partielle entre Fusible / Départ Boucles.
 - ✗ Cas de transformateurs en parallèle.
- ✓ Tout court-circuit sur le réseau HT est éliminé de manière **sélective par les protections installées**, à l'exception des cas suivants :
 - ✗ Poste Cuisine : Non sélectivité entre Fusible / Départ Boucles de fait de l'inaction des fusibles ($I_{cc} \ll I_{fusion}$).
 - ✗ Poste A de l'Antenne : Sélectivité Partielle entre Fusible / Départ Boucles.
- ✓ Tout défaut entre phase et terre sur le réseau HT, est éliminé de manière **sélective par les protections installées**, à l'exception des cas suivants :
 - ✗ Poste Cuisine : Non sélectivité entre Fusible / Départ Boucles de fait de l'inaction des fusibles ($I_{cc} \ll I_{fusion}$).
 - ✗ Poste A de l'Antenne : Non sélectivité entre Fusible / Départ Boucles de fait de l'inaction des fusibles ($I_{cc} \ll I_{fusion}$).
- ✓ Afin d'agir en secours des protections à maximum de courant homopolaire, il est nécessaire d'ajouter une protection de tension homopolaire, qui agira dans un temps inférieur à 2 secondes (pour 5 secondes : tenue du GH)

Remarques générales

Un contrôle régulier des disjoncteurs, de leur protection et des lignes d'attente logique est conseillé tous les trois ans. Cette prescription permet d'apporter la disponibilité nécessaire à cette installation. Les règles de sélectivité qui servent de base à l'élaboration de cette étude sont liées au bon fonctionnement de l'ensemble des constituants. Les différents type et mode de défaillance des constituants ne sont pas étudiés ici et conduisent de toute façon à une perte de sélectivité totale ou partielle.



4 Descriptif de l'installation

4.1 Principe d'exploitation du réseau électrique

4.1.1 Principes Généraux

Le site *APHP Louis Mourier* est alimenté par Enedis en 20 kV en double dérivation ~~/ coupure d'artère~~ (rayée la mention inutile) pour le PdL1 & en double dérivation ~~/ coupure d'artère~~ (rayée la mention inutile) pour le PdL2 et secouru par une centrale groupe (groupes électrogènes) composée de 2 demi-postes.

Les postes de livraison (PDL) alimentent :

- 2 antennes :
 - ⚡ Le poste de transformation : *A2 Antenne*
 - ⚡ Le poste de transformation : *G & ME Antenne*
- Une boucle ouverte existante, composée de :
 - ⚡ Le poste de transformation : *A1 Boucle*
 - ⚡ Le poste de transformation : *G & ME Boucle*
 - ⚡ Le poste de transformation : *Cuisine*

Présence d'un système de reconfiguration de boucle ?

Oui : ☐

Non : ☒

Présence d'un système de délestage/relestage des transformateurs HT/BT ?

Oui : ☐

Non : ☒

Présence de transformateurs HT/BT en parallèle ?

Oui : ☒

Non : ☐

Si oui, précisez les transformateurs en parallèle :

- TGBT A1 en // avec le TGBT A2 (800kVA)
- TGBT G1 en // avec le TGBT G2 (800kVA)

4.1.2 Alimentation sur la centrale Groupe Electrogène

Sur perte secteur, une centrale groupe électrogène assure l'alimentation de la boucle HT.
Cette centrale groupe est composée 2 groupes indépendants qui sont couplés ensemble sur le poste GE.

Quel est le principe de couplage avec le réseau 20 kV ?

<input type="checkbox"/>	Permanent
<input type="checkbox"/>	Fugitif : 10 secondes (Nominal)
<input checked="" type="checkbox"/>	Fugitif : 30 secondes (Autorisé)
<input type="checkbox"/>	Interdit

Existe-t-il une gestion wattmétrique ? Oui : ☒ Non : ☐

Si oui, le mode de fonctionnement « normal » est prévu pour fonctionner avec :

Nombre de GE au minimum :	1 GE : <input checked="" type="checkbox"/>	2 GE : <input type="checkbox"/>	3 GE : <input type="checkbox"/>
Nombre de GE au nominal :	1 GE : <input type="checkbox"/>	2 GE : <input checked="" type="checkbox"/>	3 GE : <input type="checkbox"/>
Nombre de GE au maximum :	1 GE : <input type="checkbox"/>	2 GE : <input checked="" type="checkbox"/>	3 GE : <input type="checkbox"/>

Décrire le mode de fonctionnement :

-
-
-

Fournir l'Analyse fonctionnelle

Oui : ☒ Non : ☐

Le référencement à la terre du point neutre en fonctionnement ilote est réalisée en fonctionnement normal par la Générateur Homopolaire (GH) Oui : ☒ Non : ☐

Décrire le mode de fonctionnement prévu en cas de perte du GH en fonctionnement normal :

Si perte du GH (sur ouverture/déclenchement de la QM) :

- Basculement vers GH secours sous tension ? Oui : ☒ Non : ☐

(☒ Si Oui : Ce mode de fonctionnement induit un fonctionnement en neutre isolé fugitif)

- Arrêt de la centrale ? Oui : ☒ Non : ☐

(☒ Si Oui : Ce mode de fonctionnement induit un fonctionnement en neutre isolé fugitif)

(exemple : La centrale peut fonctionner 30min sans aucun générateur homopolaire au-delà arrêt)

 Fournir l'analyse fonctionnelle complète.

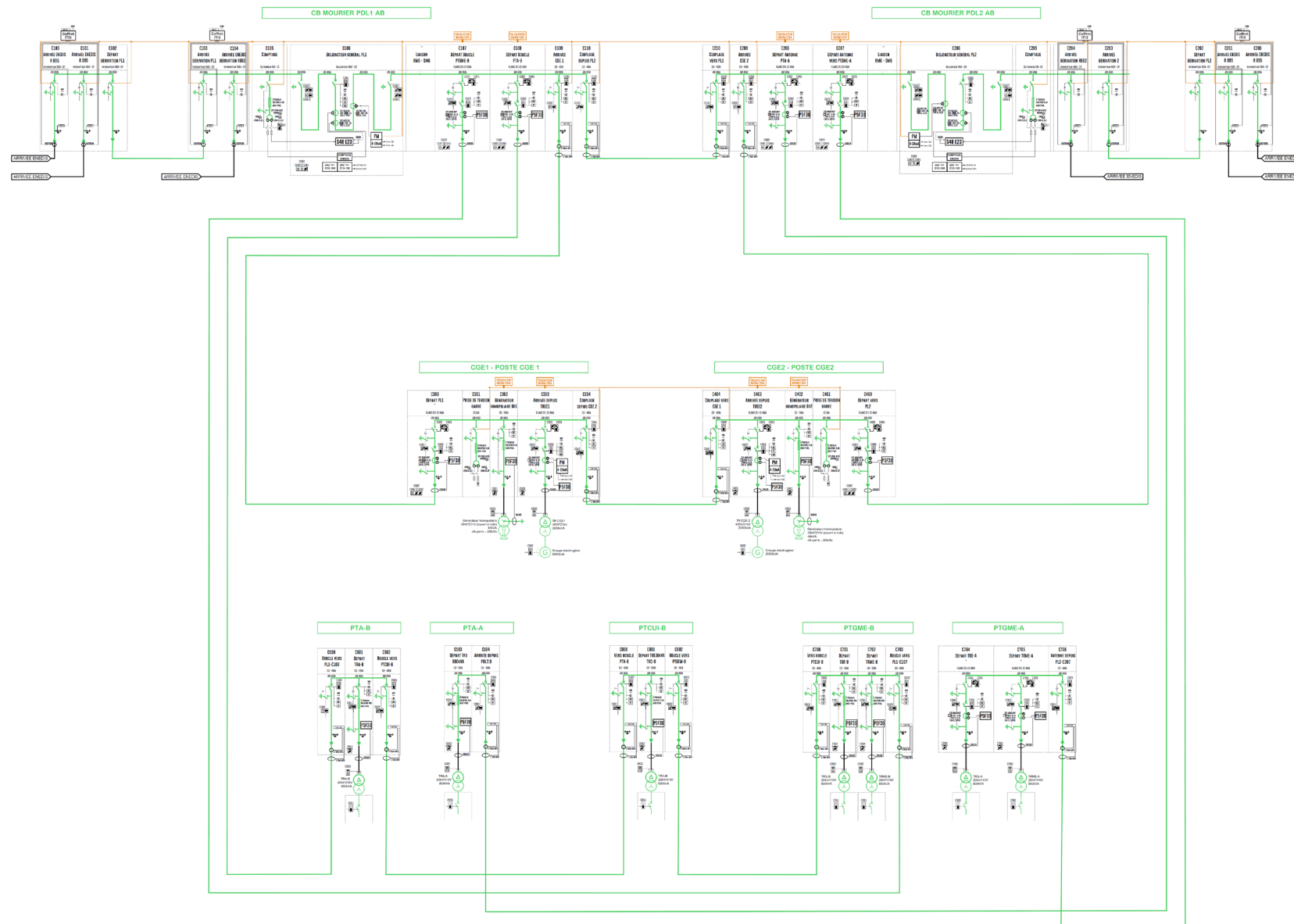
- Fournir l'AF	Oui : <input checked="" type="checkbox"/>	Non : <input type="checkbox"/>
- Fournir le Bilan de puissance (5.1 MVA)	Oui : <input checked="" type="checkbox"/>	Non : <input type="checkbox"/>

4.1.3 Configuration d'alimentation à prendre en compte

Pour les simulations et la définition des réglages des différents relais de protection, nous prendrons en compte 2 configurations d'alimentation :

- Site alimenté par le poste de livraison Enedis en 20 kV
- Site alimenté par __1__ à __2__ GE (De 1875 à 3750 kVA de production)

4.2 Schéma de principe de l'installation



5 Caractéristiques du réseau électrique



5.1 Caractéristiques du réseau

5.1.1 Réseau Enedis

Poste Client « Hôpital CB MOURIER PDL1 AB – 92025P0089 »

Poste Source			
Nom des arrivées			
Un	20.5 kV	20.5 kV	
F	50Hz	50Hz	
Icc tri (max) dimensionnant	12.5 kA	12.5 kA	Limite C13100
Pcc tri (max)			
Icc tri (max)	9.72		Icc bi = 8.42
Pcc tri (min)			
Icc bi (min)	7.35		Icc tri = 8.48
Courant de défaut terre	1000 A impédant		
3 I _o			
Valeur de l'impédance de (R,X) Ou valeur de la tangente			
Puissance souscrite	1503 kW	1503 kW	
Puissance de raccordement	2000 kW	2000 kW	

Pos Poste Client « Hôpital CB MOURIER PDL2 AB – 92025P0088 »

Poste Source			
Nom des arrivées			
Un	20.5 kV	20.5 kV	
F	50Hz	50Hz	
Icc tri (max) dimensionnant	12.5 kA	12.5 kA	Limite C13100
Pcc tri (max)			
Icc tri (max)	9.71		Icc bi = 8.41
Pcc tri (min)			
Icc bi (min)	7.34		Icc tri = 8.47
Courant de défaut terre	1000 A impédant		
3 I _o			
Valeur de l'impédance de (R,X) Ou valeur de la tangente			
Puissance souscrite	1503 kW	1503 kW	
Puissance de raccordement	2000 kW	2000 kW	

5.1.2 Réglage des protections « postes sources »

Ces réglages correspondent aux données transmises pour les protections des « postes sources ENEDIS ».

Arrivée ENEDIS	Tension de service	Relais de protection numérique	Capteur TC	Seuil	ANSI CODE	Seuil	Tempo	
	20 KV	?	?	Max de I	50/51	I _s = A	T = ms	Défini par ENEDIS
		?	?	Max de I _o	50N/51N	I _{so} = A	T = ms	Défini par ENEDIS
	20 KV	?	?	Max de I	50/51	I _s = A	T = ms	Défini par ENEDIS
		?	?	Max de I _o	50N/51N	I _{so} = A	T = ms	Défini par ENEDIS

5.2 Centrale secours

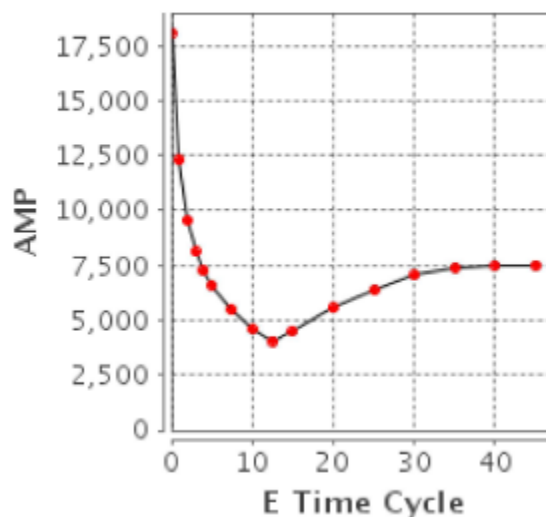
5.2.1 Fonctionnement sur groupes électrogènes :

Puissance apparente	KVa	1875
Quantité		2
Constructeur		Caterpillar
Type		3512 BHD
Tension	V	400
Puissance Active	Kw	1500
Nb Pôles		4
Vitesse de synchronisme	Ns (tr/min)	1500
Réactance subtransitoire d'axe direct (saturée)	X'd (%)	14.88
Réactance subtransitoire d'axe en quadrature (saturée)	X'q (%)	18.63
Courant de court-circuit aux bornes en régime permanent		3 In @ 10 Sec
Type de régulateur de tension de l'alternateur		ADEMA3
Calibre TC BT pour la mesure et protection (Contrôle/Commande)	A	3000A / 5A
Rapport de court-circuit (Kcc)		0.33
Réactance longitudinale synchrone non saturée (Xd)	%	376.99
Réactance transversale synchrone non saturée (Xq)	%	226.17
Constante de temps transitoire à vide (Tdo)	ms	42
Réactance longitudinale transitoire non saturée (Xd)	%	28.59
Constante de temps transitoire en court-circuit (Td)	ms	237
Constante de temps subtransitoire (T'd)	ms	22
Réactance homopolaire non saturée (Xo)	%	3.52
Réactance inverse non saturée (X2)	%	16.76
Constante de temps de l'induit (Ta)	ms	4.1

Current Decrement Data

E Time Cycle	AMP
0.0	18,098
1.0	12,283
2.0	9,547
3.0	8,116
4.0	7,236
5.0	6,603
7.5	5,450
10.0	4,575
12.5	4,055
15.0	4,506
20.0	5,545
25.0	6,370
30.0	7,052
35.0	7,404
40.0	7,488
45.0	7,494

Current Decrement



5.2.2 Caractéristiques du générateur homopolaire

		GH1	GH2
Marque / Type		BCV	BCV
Tension primaire	KV	20	20
Tension secondaire	V	3x231	3x231
Courant limité primaire	A / s	20 / 5	20 / 5
Courant permanent	A	4	4
Protection interne		PTC+MSF220K	PTC+MSF220K

5.2.3 Caractéristiques Protections BT des alternateurs

Existe-t-il des TC côté BT permettant l'utilisation d'une protection Groupe ?

Oui : ☒

Non : ☐

Si oui, les réglages du relais existant seront définis dans l'étude de sélectivité.

Composition du plan de protection					Réglages				
Relai	Capteurs	Protection	ANSI	Set	Log	Courbe	Seuil abs.	Seuil Rel.	Tempo (s)
RMC111D		Max I>>	50/51						

L'étude vérifiera les réglages du relais **DEIF** de type **RMC111D** (seuil Courant/Temps) pour permettre, dans la mesure du possible, d'assurer la sélectivité vis-à-vis de la protection HTA, à défaut, l'étude définira des réglages permettant de la garantir.

5.3 Caractéristiques des transformateurs

5.3.1 Affectation des transformateurs par poste :

Puissance transformateur (KVa)	100	160	250	315	400	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3000	4000
A2 Antenne							1							
G & ME Antenne							2							
A1 Boucle							1							
G & ME Boucle							2							
Cuisine						1								
Total						1	6							

La puissance installée sur le site est de 5.43 MVA, sans compter les 2 transformateurs élévateurs de 2 MVA.

5.3.2 Caractéristiques des transformateurs (primaire 20 KV)

Nom		A2 Antenne	A1 Boucle	G & ME Antenne	G & ME Boucle
Quantité		1	1	2	2
Type		Enrobé	Enrobé	Enrobé	Enrobé
Marque / Gamme		=S= / Trihal	=S= / Trihal	=S= / Trihal	=S= / Trihal
Sn	KVa	800	800	800	800
U primaire	KV	20	20	20	20
U secondaire	V	410	410	410	410
Ucc	%	6	6	6	6
Couplage		Dyn11	Dyn11	Dyn11	Dyn11
I encl / In					
Constante de temps	s				
Protections internes DMCR, DGPT...		Sondes+ Relais	Sondes+ Relais	Sondes+ Relais	Sondes+ Relais
Pertes à vide Po	W	AA0 1170W	AA0 1170W	AA0 1170W	AA0 1170W
Pertes en charge	W	Ak 8000W	Ak 8000W	Ak 8000W	Ak 8000W
Schéma de Liaison à la Terre BT		TNS	TNS	TNS	TNS

Nom		Cuisine		Elévatoire
Quantité		1		2
Type		Enrobé (1999)		Enrobé
Marque / Gamme		=S= / trihal		=S= / Trihal
Sn	KVa	630		2000
U primaire	KV	20		21
U secondaire	V	410		400
Ucc	%	6		6
Couplage		Dyn11		Dyn11
I encl / In				
Constante de temps	s			
Protections internes DMCR, DGPT...				Sondes+ Relais
Pertes à vide Po	W			AA0 2340W
Pertes en charge	W			Ak 16000 W
Schéma de Liaison à la Terre BT				TNS

5.4 Réglages Disjoncteurs BT

En cas d'absence de renseignement, l'étude définira des réglages maximums permettant, avec des protections BT de marque Schneider Electric, dans la mesure du possible, d'assurer la sélectivité vis-à-vis des protections HTA.

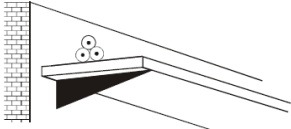
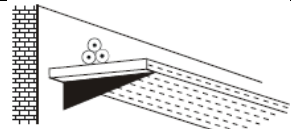

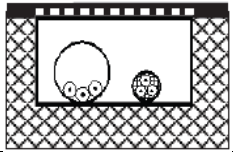
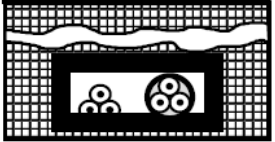
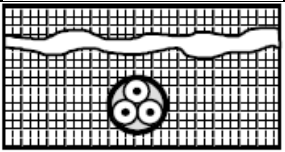
Transfo	A1 Boucle	A2 Antenne	Cuisine
Sn Transformateur KVa	800	800	
Calibre (In)	1600	1600	
Long Retard	Io (xIn)	1156	
	Ir (xIo)		
	tr (s)	24s	
Court-Retard	Im (xIr)	10404	
	Tm (ms)	20	
Instantanée	Ii (xIn)	24000	
Disjoncteur:	MTZ2 16N1	MTZ2 16N1	
Déclencheur:	μLogic 5.0x	μLogic 5.0x	

Transfo	G & ME Boucle	G & ME Boucle	G & ME Antenne	G & ME Antenne
Sn Transformateur KVa	800	800	800	800
Calibre (In)				
Long Retard	Io (xIn)			
	Ir (xIo)			
	tr (s)			
Court-Retard	Im (xIr)			
	Tm (ms)			
Instantanée	Ii (xIn)			
Disjoncteur:				
Déclencheur:				

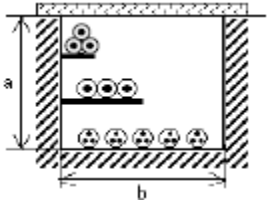
5.5 Câbles HTA

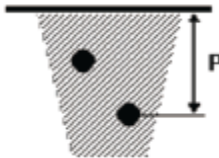
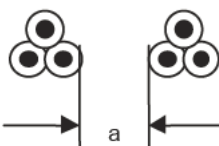
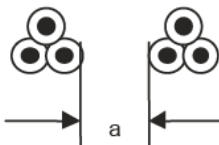
5.5.1 Exemple de mode de pose NFC13-200

Exemple de mode de pose :

Norme NFC13-200 de 2009 (suivant données clients)	Mode de Pose	K1	K2	K3	K5	K7	K9	K10	K12	K13	K14	K15	K16	K17
	12 : Câbles monoconducteur sur des chemins de câbles ou tablettes non perforées	X	X	X		X								
	13 : Câbles monoconducteur sur des chemins de câbles ou tablettes perforées	X	X		X	X								
	Câbles dans des goulottes fixées aux parois : 31 : en parcours horizontal 32 : en parcours vertical	X					X							
	41 Câbles dans des caniveaux non remplis de sable et fermés.	X						X						
	61 : Câbles monoconducteurs ou multiconducteurs dans des conduits ou des fourreaux enterrés ou dans des monolithes de béton.								X	X	X		X	X
	62 : Câbles monoconducteurs ou multiconducteurs enterrés sans protection mécanique complémentaire.								X	X	X	X		

Aide à la saisie :

Air / Sol	Coefficient	Facteur de correction
Air	K1	Température de l'air ambiant (°c) valeur comprise entre 10°c et 55°c
	K2	Exposition au soleil k2 = 1 (à l'abri) k2 = 0.85 (exposé aux rayons du soleil)
	K3	Câbles jointifs sur tablette non perforées De 1 à 9 liaisons jointives / K3 = 1 si non jointif
	K5	Câbles jointifs sur tablette perforées De 1 à 9 liaisons jointives / K5 = 1 si non jointif
	K7	Câbles posés sur plusieurs couches De 1 à 4 couches maximum / Pour 9 câbles au maximum (soit 36 au total)
	K9	Câbles enfermés – de 1 à 20 liaisons jointives
	K10	Câbles posés en caniveaux fermés non remplis et affleurant le sol Fournir les dimensions du caniveau et le nombre de liaisons 

Air / Sol	Coefficient	Facteur de correction
Sol	K12	Température du sol (°c) valeur comprise entre 0°c et 45°c
	K13	Influence de la résistivité thermique du sol Terrain très humide / humide / normal / sec / très sec Béton = terrain sec
	K14	Profondeur de pose (de 0.5 m à 2 mètres) 
	K15	Influence du nombre de circuits enterrés Nombre de liaison (2 à 12) et distance entre elles (a=0 ; 0.25m ; 0.5m 1m) Câbles monoconducteurs 
	K16	Câbles posés en conduits jointifs, enterrés ou noyés dans le béton Nombre de fourreaux (par ligne / par colonne)
	K17	Câbles posés en conduits non jointifs enterrés Nombre de fourreaux et distance entre elles (a=0.25m ; 0.5m 1m) Câbles monoconducteurs 

5.5.2 Liaisons HTA 20kV

5.5.2.1 Liaisons HTA – Inter-postes

Tenant	Aboutissant	Section (mm²)	Ame	Iso.	L (m)	Mode de Pose	Température de l'air ambiant (K1)	Conditions K2, K3, K4	Dimension caniveaux + Nb liaisons (K9 / K10)	Influence de la température du sol (K12)	Influence de la résistivité thermique du sol (K13)	Influence de la profondeur de pose (K14)	Influence du nombre de circuits enterrés (K15)
PdL1 Poste Aiguillage	PdL1 (ENEDIS)	3x1x240	Alu	PR	7	61							
PdL1 Départ Boucle	Poste G & ME Boucle	3x1x150	Alu	PR		61				Ambiant 30°C	Béton	1.1 m ≤ P	2 x 2
		3x1x150	Alu	PR	26	13	Ambiant 30°C						
		3x1x150	Alu	PR	226	41	Ambiant 30°C		200*200				
Poste G & ME Boucle	Poste cuisine	3x1x150	Alu	PR	15	13	Ambiant 30°C						
		3x1x150	Alu	PR	20	61							
		3x1x150	Alu	PR	122	41	Ambiant 30°C						
Poste cuisine	Poste A1 Boucle	3x1x150	Alu	PR	3	13	Ambiant 30°C						
		3x1x150	Alu	PR	67	61							
		3x1x150	Alu	PR	67	41	Ambiant 30°C		200*200				
Poste A1 Boucle	PdL1 Départ Boucle	3x1x150	Alu	PR	8	13	Ambiant 30°C						
		3x1x150	Alu	PR	10	41	Ambiant 30°C		200*200				
		3x1x150	Alu	PR		61				Ambiant 30°C	Béton	1.1 m ≤ P	2 x 2
PdL1 Arr GE	Poste CGE 1	3x1x150	Alu	PR		61				Ambiant 30°C	Béton	1.1 m ≤ P	2 x 2
		3x1x150	Alu	PR	3	13	Ambiant 30°C						
		3x1x150	Alu	PR	4	41	Ambiant 30°C		200*200				
Poste CGE 1	Poste CGE 2	3x1x150	Alu	PR	8	13	Ambiant 30°C						
		3x1x150	Alu	PR	8	41	Ambiant 30°C		200*200				
Poste CGE 2	PdL2 Arr GE	3x1x150	Alu	PR	10	13	Ambiant 30°C						
		3x1x150	Alu	PR		61				Ambiant 30°C	Béton	1.1 m ≤ P	2 x 2
PdL2 Départ A2	Poste A2 Antenne	3x1x150	Alu	PR		61				Ambiant 30°C	Béton	1.1 m ≤ P	2 x 2
		3x1x150	Alu	PR	8	13	Ambiant 30°C						
		3x1x150	Alu	PR	5	41			200*200				
PdL2 Départ G & ME	Poste G & ME Antenne	3x1x150	Alu	PR		61				Ambiant 30°C	Béton	1.1 m ≤ P	2 x 2
		3x1x150	Alu	PR	30	13	Ambiant 30°C						
		3x1x150	Alu	PR	67	61							
		3x1x150	Alu	PR	103	41	Ambiant 30°C		200*200				
PdL2 Poste Aiguillage	PdL2 (ENEDIS)	3x1x240	Alu	PR	9	13	Ambiant 30°C						
PdL1	PdL2	3x1x240	Alu	PR		61				Ambiant 30°C	Béton	1.1 m ≤ P	2 x 2
		3x1x240	Alu	PR	5	13	Ambiant 30°C						

5.5.2.2 Liaisons Transformateurs

Tenant	Aboutissant	Section (mm ²)	Ame	Iso.	L (m)	Mode de Pose	Température de l'air ambiant (K1)	Conditions K2, K3, K4	Dimension caniveaux + Nb liaisons (K9 / K10)	Influence de la température du sol (K12)	Influence de la résistivité thermique du sol (K13)	Influence de la profondeur de pose (K14)	Influence du nombre de circuits enterrés (K15)
Poste G & ME Boucle	Transformateur	3x1x50	Alu	PR	10	13	Ambiant 30°C						
Poste G & ME Boucle	Transformateur	3x1x50	Alu	PR	10	13	Ambiant 30°C						
Poste cuisine	Transformateur	3x1x50	Alu	PR	10	13	Ambiant 30°C						
Poste A1 Boucle	Transformateur	3x1x50	Alu	PR	10	13	Ambiant 30°C						
Poste A2 Antenne	Transformateur	3x1x50	Alu	PR	10	13	Ambiant 30°C						
Poste G & ME Antenne	Transformateur	3x1x50	Alu	PR	10	13	Ambiant 30°C						
Poste G & ME Antenne	Transformateur	3x1x50	Alu	PR	10	13	Ambiant 30°C						
Poste CGE 1	Transformateur GE	3x1x50	Alu	PR	10	13	Ambiant 30°C						
			Alu	PR	14	61							
			Alu	PR	20	41	Ambiant 30°C		200*200				
Poste CGE 1	GH	3x1x50	Alu	PR	10	13	Ambiant 30°C						
Poste CGE 2	Transformateur GE	3x1x50	Alu	PR	10	13	Ambiant 30°C						
			Alu	PR	14	61							
			Alu	PR	20	41	Ambiant 30°C		200*200				
Poste CGE 2	GH	3x1x50	Alu	PR	10	13	Ambiant 30°C						

5.6 Tableaux HTA

Les tableaux correspondent aux caractéristiques fonctionnelles des cellules (et ne sont pas obligatoirement présentées dans l'ordre de l'assemblage)

PDL / Départ de boucle	P5F30-EECE-HBDDH-AABC
PGE / Départ Poste GE	P5F30-EECE-HBDDH-AABC
PGE / Arrivée GE	P5F30-EECE-HBDDH-AABC
PGE / GH	P5F30-EECE-HBDDH-AABC
Poste Sat / Départ Transformateur	P5F30-EECE-HBDDH-AABC

5.6.1 Poste de livraison

Fonction		Permutateur arrivées 20KV	Interrupteur
Quantité		1	1
Constructeur		=S= RM6	=S= RM6
Type		RE-II - 400A 24KV 12.5KA/1s	T - 400A 24KV 12.5KA/1s
Fusible			
Relais de Protection			
Détecteur de défaut		PASA / ITI	
TC In primaire			
Sec. Protec.	In		
	Puissance		
	Précision		
Sec. Mesure	In		
	Puissance		
	Précision		
TC In primaire			
Sec. Protec.	In		
	Puissance		
	Précision		
Sec. Mesure	In		
	Puissance		
	Précision		
Capteur Io			

Fonction		Permutateur arrivées 20KV	Réf. Tension Comptage	Protection Générale C13-100 & C15-400	Gaine
Quantité		1	1	1	1
Constructeur		=S= RM6	=S= RM6	=S= RM6	=S= RM6
Type		RE-II - 400A 24KV 12.5KA/1s	T - 50A 24KV 12.5KA/1s	D2S - 400A 24KV 12.5KA/1s	400A 24KV 12.5KA/1s
Fusible			Soléfuse 6,3A		
Relais de Protection				SEPAM S48E23	
Détecteur de défaut		PASA / ITI			
TC In primaire				200A / 400A (P)	
Sec. Protec.	In			1A	
	Puissance			1VA / 2VA	
	Précision			5P30 / 5P30	
Sec. Mesure	In				
	Puissance				
	Précision				
TC In primaire				100A / 200A ©	
Sec. Protec.	In				
	Puissance				
	Précision				
Sec. Mesure	In			5A	
	Puissance			5 VA	
	Précision			CL 0.2S Fs10	
Capteur Io				CSH30	
TP	Un primaire		20KV/√3		
	Un Sec. 1		100V/√3		
	Puissance		15VA		
	Précision		Cl0.5		
	Un Sec.2		100V/√3		
	Puissance		15VA		
	Précision		Cl0.5		
	R de charge				

Fonction		Départ Boucle	Arrivée PGE	Couplage PDL
Quantité		2	1	1
Constructeur		=S= SM6	=S= SM6	=S= SM6
Type		DM1 – 400A 24KV 12.5KA	IM – 400A 24KV 12.5KA	IM – 400A 24KV 12.5KA
Fusible				
Relais de Protection		P5F30		
Détecteur de défaut			Flair 23DM	Flair 23DM
TC In primaire		100A / 200A	2TC (Montage B)	2TC (Montage B)
Sec. Protec.	In	1A		
	Puissance	15VA		
	Précision	10P30		
Sec. Mesure	In	5A		
	Puissance	7.5 VA		
	Précision	CL 0.2S Fs10		
TC In primaire				
Sec. Protec.	In			
	Puissance			
	Précision			
Sec. Mesure	In			
	Puissance			
	Précision			
Capteur Io		CSH 200	1TC (montage B)	1TC (montage B)
TP	Un primaire			
	Un Sec. 1			
	Puissance			
	Précision			
	Un Sec.2			
	Puissance			
	Précision			
	R de charge			

D'après le Document Technique de Référence – Comptage, Enedis-NOI-CPT_01^E_V7, avec des TC comptage de calibre **100A/200A Classe 0.2s**, la puissance souscrite s'étant de **644 kW à 3222 kW** et **1289 kW à 6443 kW**.

5.6.2 Poste de livraison 2

Fonction		Permutateur arrivées 20KV	Interrupteur
Quantité		1	1
Constructeur		=S= RM6	=S= RM6
Type		RE-II – 400A 24KV 12.5KA/1s	I – 400A 24KV 12.5KA/1s
Fusible			
Relais de Protection			
Détecteur de défaut		PASA / ITI	
TC In primaire			
Sec. Protec.	In		
	Puissance		
	Précision		
Sec. Mesure	In		
	Puissance		
	Précision		
TC In primaire			
Sec. Protec.	In		
	Puissance		
	Précision		
Sec. Mesure	In		
	Puissance		
	Précision		
Capteur Io			

Fonction		Permutateur arrivées 20KV	Réf. Tension Comptage	Protection Générale C13-100 & C15-400	Gaine
Quantité		1	1	1	1
Constructeur		=S= RM6	=S= RM6	=S= RM6	=S= RM6
Type		RE-II – 400A 24KV 12.5KA/1s	T – 50A 24KV 12.5KA/1s	D2S – 400A 24KV 12.5KA/1s	400A 24KV 12.5KA/1s
Fusible			Soléfuse 6,3A		
Relais de Protection				SEPAM S48E23	
Détecteur de défaut		PASA / ITI			
TC In primaire				200A / 400A (P)	
Sec. Protec.	In			1A	
	Puissance			1VA / 2VA	
	Précision			5P30 / 5P30	
Sec. Mesure	In				
	Puissance				
	Précision				
TC In primaire				100A / 200A ©	
Sec. Protec.	In				
	Puissance				
	Précision				
Sec. Mesure	In			5A	
	Puissance			15 VA	
	Précision			CL 0.2S Fs10	
Capteur Io				CSH30	
TP	Un primaire		20KV/√3		
	Un Sec. 1		100V/√3		
	Puissance		15VA		
	Précision		C10,5		
	Un Sec.2		100V/√3		
	Puissance		15VA		
	Précision		C10,5		
	R de charge				

D'après le Document Technique de Référence – Comptage, Enedis-NOI-CPT_01^E_V7, avec des TC comptage de calibre **100A/200A Classe 0.2s**, la puissance souscrite s'étant de **644 kW à 3222 kW** et **1289 kW à 6443 kW**.

Fonction		Départ Antenne	Arrivée PGE	Couplage PDL
Quantité		2	1	1
Constructeur		=S= SM6	=S= SM6	=S= SM6
Type		DM1 – 400A 24KV 12.5KA	IM – 400A 24KV 12.5KA	IM – 400A 24KV 12.5KA
Fusible				
Relais de Protection		P5F30		
Détecteur de défaut			Flair 23DM	Flair 23DM
TC In primaire		75A / 150A	2TC (Montage B)	2TC (Montage B)
Sec. Protec.	In	1A		
	Puissance	15VA		
	Précision	10P30		
Sec. Mesure	In	5A		
	Puissance	7.5 VA		
	Précision	CL 0.2S Fs10		
TC In primaire				
Sec. Protec.	In			
	Puissance			
	Précision			
Sec. Mesure	In			
	Puissance			
	Précision			
Capteur Io		CSH 200	1TC (montage B)	1TC (montage B)
TP	Un primaire			
	Un Sec. 1			
	Puissance			
	Précision			
	Un Sec.2			
	Puissance			
	Précision			
	R de charge			

5.6.3 Poste Groupes Electrogènes 1

Fonction		Départ PDL	Réf. Tension Comptage	Protection GH	Arrivée GE	Couplage PDL
Quantité		1	1	1	1	1
Constructeur		=S= SM6	=S= SM6	=S= SM6	=S= SM6	=S= SM6
Type		DM1 – 400A 24KV 12.5KA	CM – 50A 24KV 12.5KA	QM – 200A 24KV 12.5KA	DM1 – 400A 24KV 12.5KA	IM – 630A 24KV 12.5KA
Fusible			Soléfuse 6,3A	Soléfuse 6,3A		
Relais de Protection		P5F30		P5F30	P5F30	
Détecteur de défaut						Flair 23DM
TC In primaire		100A / 200A			75A / 150A	2TC (Montage B)
Sec. Protec.	In	1A			1A	
	Puissance	15VA			15VA	
	Précision	10P30			10P30	
Sec. Mesure	In	5A			5A	
	Puissance	7.5 VA			7.5 VA	
	Précision	CL 0.2S Fs10			CL 0.2S Fs10	
TC In primaire						
Sec. Protec.	In					
	Puissance					
	Précision					
Sec. Mesure	In					
	Puissance					
	Précision					
Capteur Io		CSH 120		CSH120	CSH 120	1TC (montage B)
TP	Un primaire		20KV/√3			
	Un Sec. 1		100V/√3			
	Puissance		15VA			
	Précision		Cl0.5			
	Un Sec.2		100V/3			
	Puissance		30VA			
	Précision		3P			
	R de charge		oui			

5.6.4 Poste Groupes Electrogènes 2

Fonction		Départ PDL	Réf. Tension Comptage	Protection GH	Arrivée GE	Couplage PDL
Quantité		1	1	1	1	1
Constructeur		=S= SM6	=S= SM6	=S= SM6	=S= SM6	=S= SM6
Type		DM1 – 400A 24KV 12.5KA	CM – 50A 24KV 12.5KA	QM – 200A 24KV 12.5KA	DM1 – 400A 24KV 12.5KA	IM – 630A 24KV 12.5KA
Fusible			Soléfuse 6,3A	Soléfuse 6,3A		
Relais de Protection		P5F30		P5F30	P5F30	
Détecteur de défaut						Flair 23DM
TC In primaire		100A / 200A			75A / 150A	2TC (Montage B)
Sec. Protec.	In	1A			1A	
	Puissance	15VA			15VA	
	Précision	10P30			10P30	
Sec. Mesure	In	5A			5A	
	Puissance	7.5 VA			7.5 VA	
	Précision	CL 0.2S Fs10			CL 0.2S Fs10	
TC In primaire						
Sec. Protec.	In					
	Puissance					
	Précision					
Sec. Mesure	In					
	Puissance					
	Précision					
Capteur Io		CSH 120		CSH120	CSH 120	1TC (montage B)
TP	Un primaire		20KV/√3			
	Un Sec. 1		100V/√3			
	Puissance		15VA			
	Précision		Cl0.5			
	Un Sec.2		100V/3			
	Puissance		30VA			
	Précision		3P			
	R de charge		oui			

5.6.5 Poste A1 Boucle

Fonction	Depuis/vers PdL	Depuis/vers PdL	Départ Tr
Quantité	1	1	1
Constructeur	=S= SM6	=S= SM6	=S= SM6
Type	IM – 400 A	IM – 400 A	QM – 200A
Fusible			Soléfuse 43A
Relais de Protection			P5F30
Détecteur de défaut	Flair 23DM	Flair 23DM	
Capteur Io	Montage type B	Montage type B	CSH 120

5.6.6 Poste A2 Antenne

Fonction	Depuis/vers PdL	Départ Tr
Quantité	1	1
Constructeur	=S= SM6	=S= SM6
Type	IM – 400 A	QM – 200A
Fusible		Soléfuse 43A
Relais de Protection		P5F30
Détecteur de défaut	Flair 23DM	
Capteur Io	Montage type B	CSH 120

5.6.7 Poste Cuisine

Fonction	Liaison inter-boucle	Liaison inter-boucle	Départ Tr
Quantité	1	1	1
Constructeur	=S= SM6	=S= SM6	=S= SM6
Type	IM – 400 A	IM – 400 A	QM – 200A
Fusible			Soléfuse 31.5A
Relais de Protection			P5F30
Détecteur de défaut	Flair 23DM	Flair 23DM	P5F30
Capteur Io	Montage type B	Montage type B	CSH 120

5.6.8 Poste G & ME Boucle

Fonction	Depuis/vers PdL	Depuis/vers PdL	Départ Tr	Départ Tr
Quantité	1	1	1	1
Constructeur	=S= SM6	=S= SM6	=S= SM6	=S= SM6
Type	IM – 400 A	IM – 400 A	QM – 200A	QM – 200A
Fusible			Soléfuse 43A	Soléfuse 43A
Relais de Protection			P5F30	P5F30
Détecteur de défaut	Flair 23DM	Flair 23DM		
Capteur Io	Montage type B	Montage type B	CSH 120	CSH 120

5.6.9 Poste G & ME Antenne

Fonction		Depuis PdL	Départ Tr
Quantité		1	2
Constructeur		=S= SM6	=S= SM6
Type		IM – 630A 24KV 12.5KA	DM1 – 400A 24KV 12.5KA
Fusible			
Relais de Protection			P5F30
Détecteur de défaut		Flair 23DM	
TC In primaire		2TC (Montage B)	75A / 150A
Sec. Protec.	In		1A
	Puissance		15VA
	Précision		10P30
Sec. Mesure	In		5A
	Puissance		7.5 VA
	Précision		CL 0.2S Fst10
TC In primaire			
Sec. Protec.	In		
	Puissance		
	Précision		
Sec. Mesure	In		
	Puissance		
	Précision		
Capteur Io		1TC (montage B)	CSH 120
TP	Un primaire		
	Un Sec. 1		
	Puissance		
	Précision		
	Un Sec.2		
	Puissance		
	Précision		
	R de charge		



6 Limites Thermique Des Equipements HTA

Pendant un court-circuit, les différents éléments de l'installation traversés par le courant sont soumis à des contraintes thermiques et électrodynamiques importantes.

Les calculs des courants de court-circuit dans les situations les plus contraignantes (efforts et contraintes maximaux) permettent de déterminer les temps maximums d'élimination des défauts et par conséquent les réglages maximums des temps de déclenchement des protections.

6.1 Calcul d'I_{cc} max

Les courants de court-circuit considérés sont calculés conformément à la norme CEI 60 909, à l'aide du Logiciel interne à Schneider Electric intitulé Selenia V5.

- Courant de court-circuit symétrique initial I^{''}_k :

Valeur efficace de la composante symétrique alternative d'un courant de court-circuit présumé à l'instant d'apparition du court-circuit, si l'impédance conserve sa valeur initiale.

- Courant de court-circuit crête max I_p

Valeur instantanée maximale possible du courant de court-circuit présumé.

- Courant de court-circuit symétrique coupé I_b :

Valeur efficace d'un cycle complet de la composante alternative symétrique du courant de court-circuit présumé à l'instant de la séparation des contacts du premier pôle de l'appareil de manœuvre.

L'indice 3 indique un court-circuit triphasé.

Fonctionnement sur ENEDIS (Mode d'exploitation A)	I ^{''} _{k3} (kA)	I _p (KA)	I _b (KA)
Court-circuit dimensionnant pour le tableau HTA 20kV	12.5	23.82	12.5
Fonctionnement sur 2GE (Mode d'exploitation B)	I ^{''} _{k3} (kA)	I _p (KA)	I _b (KA)
Court-circuit dimensionnant pour le tableau HTA 20kV	0.6	1.4	0.44

Les valeurs des I_{cc} max (I^{''}_k, I_p, I_b et les valeurs min) en tout point de l'installation HTA ainsi que la définition des courants sont fournies en annexe au chapitre : 14

6.2 Cellules et appareils de coupure

Tableau et Appareillage	SM6/Fluokit M24 – 20 kV
Permanent	JDB et inter 400A,
Pouvoir de fermeture	JDB et inter 400A,
Tenue thermique	12,5 kA / 1 s
Pouvoir de coupure des disjoncteurs	20 KA
Tenue électrodynamique	$2.5 \times 12,5 \text{ kA} = 31,25 \text{ kA}$

La tenue électrodynamique des tableaux HTA est caractérisée par le pouvoir de fermeture des équipements : 2.5 fois le courant de courte durée admissible = $2.5 \times 12.5 \text{ kA} = 31,25 \text{ kA}$ pour les tableaux 20 kV (SM6)

6.3 Dimensionnement des TC

Les TC sont protégés contre les surcharges par les protections à temps inverse ou à temps constant en place avec un seuil maxi de $1.2 \times I_n$ TC (valeur du courant permanent admissible).

Pour les cellules disjoncteurs :

TC	Surintensité thermique admissible	Surintensité crête admissible
75A / 1A	12.5 kA/1s	$2.5 \times I_{th}$ soit 31.25 kA
100A / 1A	12.5 kA/1s	$2.5 \times I_{th}$ soit 31.25 kA
400A / 1A	12.5 kA/1s	$2.5 \times I_{th}$ soit 31.25 kA

Le courant crête maxi ($2.5 \times I_{k3}$) de l'installation est au maximum 31.25kA crête.

Les TC des cellules disjoncteur sont correctement dimensionnés.

6.4 Tenues des câbles HTA en fonction du mode d'exploitation

Le temps maximum supporté par les câbles en cas de court-circuit est défini à partir de la formule suivante (issue de la norme NFC13-200), en prenant en compte les hypothèses d'échauffement adiabatique (sans échange de chaleur avec l'environnement) :

$$I_{AD}^2 \cdot t = K^2 S^2 \ln \left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta} \right)$$

I_{AD} (A)	Valeur efficace du courant de court-circuit maximum, en présence d'alternateur on retiendra la valeur calculée sur la base des impédances transitoires.
K (As ^{1/2} /mm ²)	Constante dépendant du matériau du constituant le courant (226 pour le Cuivre et 148 pour l'Aluminium)
t_{max} (s)	Temps maximum de durée du défaut
S (mm ²)	Section géométrique du constituant conduisant le courant pour les âmes spécifiées dans la NF EN 60228, on peut prendre la section nominale
θ_f (°C)	Température finale (250°C)
θ_i (°C)	Température initiale (90°C)
β (K)	Inverse du coefficient de variation de la résistance du constituant conduisant le courant pris à 0 °C (234.5 K pour le Cuivre et 229 K pour l'Aluminium)

Les temps indiqués en italiques étant supérieurs à 5 secondes (temps limite de l'équation appliquée), par conséquent les valeurs indiquées sont données à titre indicatif.

6.4.1 Sur ENEDIS

Icc max = 12.5 kA (Mode d'exploitation A)				
Tension	Liaison	Section	Ame	Temps maximal d'élimination du défaut
20 kV	Liaisons	3x1x240	Alu	3.29 s
20 kV	Liaisons	3x1x150	Alu	1.285s
20 kV	Liaisons transformateurs	3x1x50	Alu	142 ms

6.4.1 Sur GE

Icc max < 2 kA (Mode d'exploitation B)				
Tension	Liaison	Section	Ame	Temps maximal d'élimination du défaut
20 kV	Liaisons	3x1x240	Alu	Temps supérieur à 5 secondes
20 kV	Liaisons	3x1x150	Alu	Temps supérieur à 5 secondes
20 kV	Liaisons transformateurs	3x1x50	Alu	Temps supérieur à 5 secondes

6.5 Temps maximal d'élimination d'un défaut

Les éléments les plus sensibles concernant la tenue thermique courte durée sont les câbles.

✚ Liaison 3x1x50 mm² Alu : le calcul conduit à un temps d'élimination maximum de 142 ms sur ENEDIS. Lors de court-circuit max, ce câble qui est prévu pour être protégé par :

- Son fusible qui élimine le défaut en temps instantané pour les départs transformateurs
- Son disjoncteur qui impose la mise en place d'une temporisation maximale de la protection à 80 ms

Le temps maximum admissible d'élimination du défaut est supérieur à la durée maximale d'élimination soumis à la norme C13-100 ainsi qu'à la durée de court-circuit sur GE (10sec) et par conséquent de ce point de vue sont correctement dimensionnés.

7 Plan de Protection HTA

7.1 Protection contre les courts-circuits sur ENEDIS

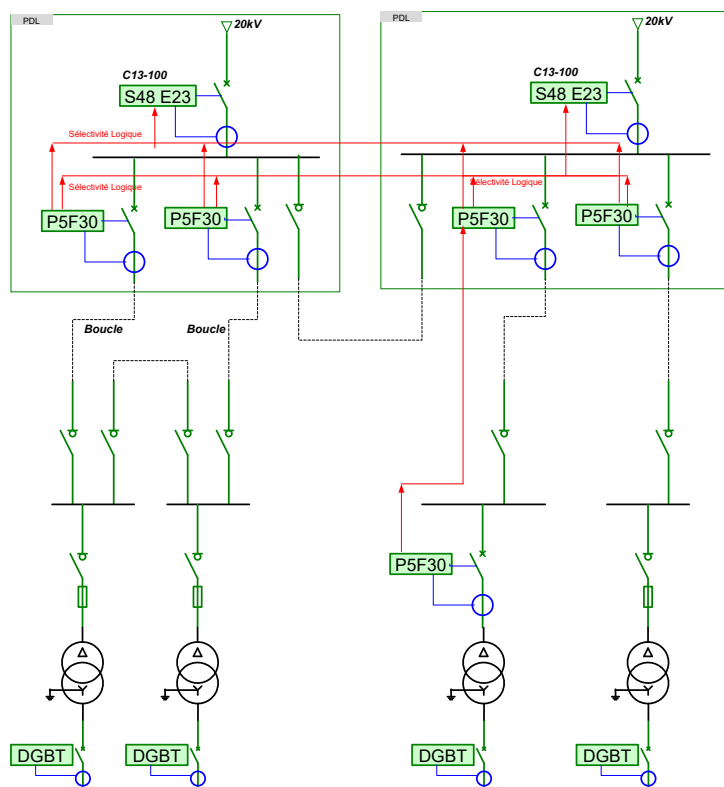
7.1.1 Présentation du plan de protection générale

En fonctionnement sur ENEDIS, il y a jusqu'à 4 étages de sélectivité qui s'étendent sur le réseau HTA (20kV) / BT (400V) :

- Protection générale C13-100
- Protection départ de boucle ou départ antenne
- Protection transformateurs (Fusibles ou Disjoncteur au poste GME Antenne)
- Protection générale BT

Le temps d'élimination sur un défaut dans l'installation en fonctionnement sur ENEDIS doit être au maximum **de 200ms** (NFC13-100). Ce temps inclus le temps de réaction de la protection et le temps d'ouverture du disjoncteur. Ce temps impose l'utilisation du principe de sélectivité logique. (La sélectivité chronométrique impose des intervalles d'au moins 200ms entre relais).

La mise en œuvre de la sélectivité logique impose la mise en œuvre d'un secours chronométrique au niveau de la protection générale C13100 (voir étude de sélectivité)



Protection Générale C13-100

Sepam S48 E23

Max de I (150ms) / Secours Chrono (250ms)

Sélectivité Logique

Protection départ de boucle / départ Antenne

Easergy P5F30

Max de I (100 ms)

*Sélectivité
Chronométrique*

// F23DM : Signalisation //

Sélectivité Logique

// F23DM : Signalisation //

Protection Départ
Transformateur
Fusible HT

Protection Départ
Transformateur
Easergy P5F30
Max de I (50 ms)

Sélectivité Chronométrique

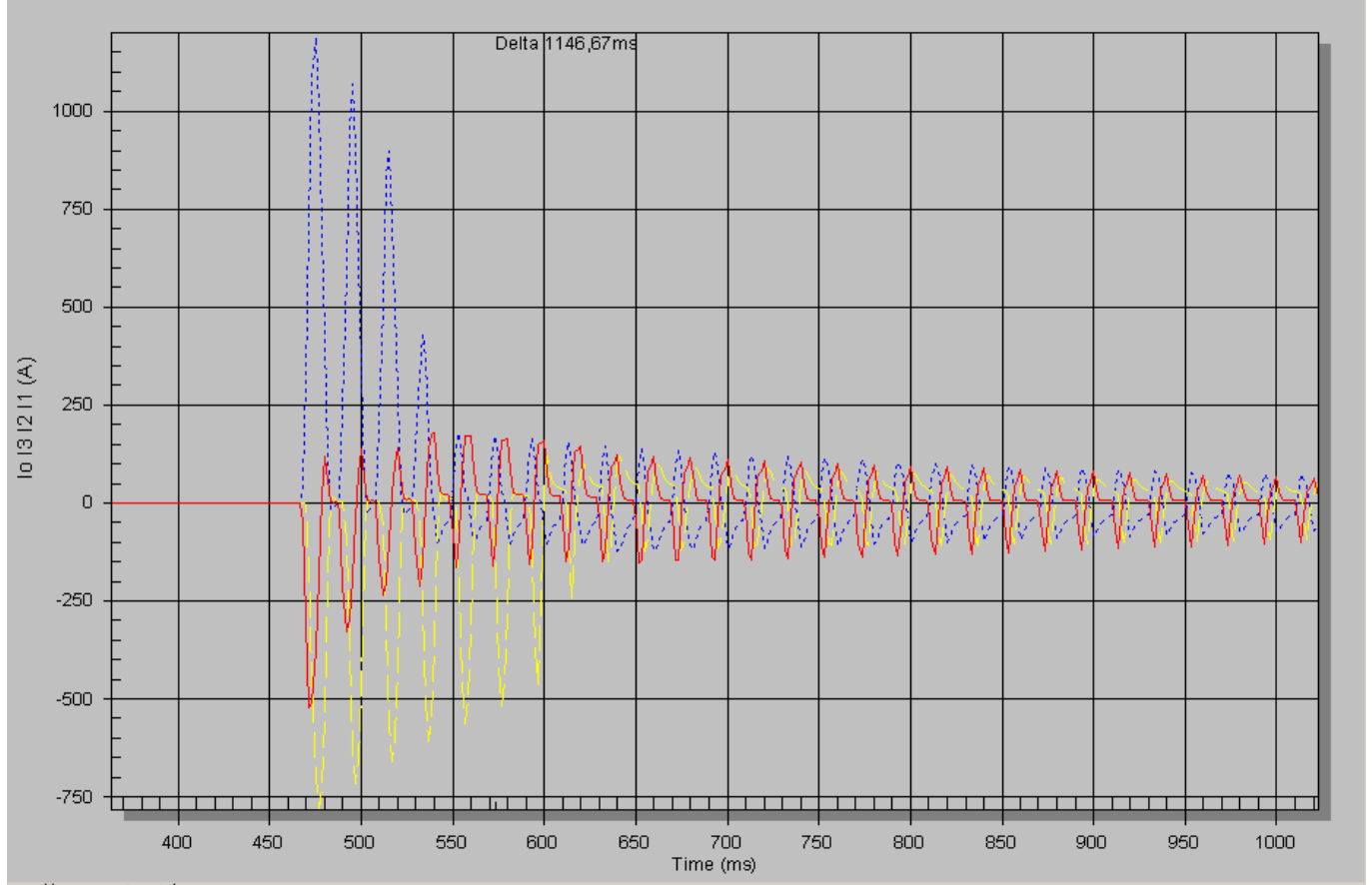
Protection Générale BT
Max de I

7.1.2 Immunité face aux phénomènes transitoires autres que les courts-circuits

7.1.2.1 Présentation du phénomène

Dans les installations tertiaires le principal risque de déclenchement intempestif des protections contre les courts-circuits est lié au courant d'enclenchement des transformateurs.

Exemple de courant d'enclenchement (deux transformateurs type Trihal 1600kVA enregistrement Sepam 2000)



Le déclenchement intempestif de protection durant la phase d'enclenchement est générateur de surtensions importantes (coupure d'un courant inductif) qui peuvent provoquer la destruction d'équipement y compris le transformateur lui-même dans certaines conditions. Il est donc impératif d'éviter ces déclenchements intempestifs.

7.1.2.2 Phénomène appliqué au Poste de Livraison

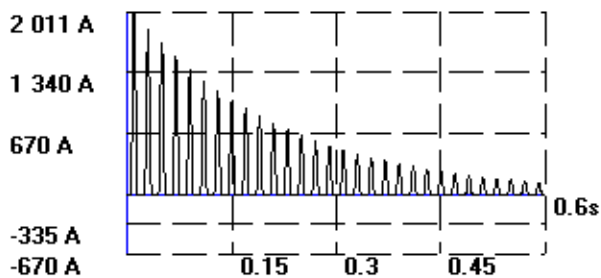
Le courant total d'enclenchement des transformateurs peut atteindre :

Pour une puissance installée à magnétiser de : $S_{\text{tot-transfo}} = 5.43 \text{ MVA} \Rightarrow I = 156 \text{ A}$ sous 20kV

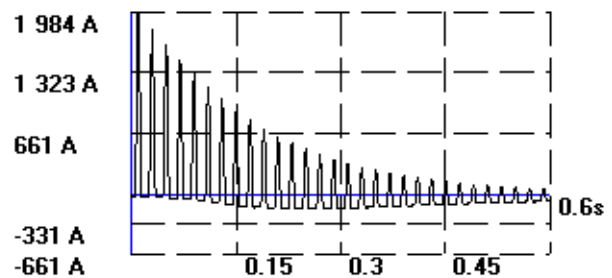
Postes	630	800
A2 Antenne		1
G & ME Antenne		2
A1 Boucle		1
G & ME Boucle		2
Cuisine	1	
	1	6

Courbes sur TC de la protection C13-100-ENEDIS lors de l'enclenchement des transformateurs :

Courant primaire phase1 :



Courant secondaire phase1 :



7.1.2.3 Réaction de la protection générale – C13-100

Le Sepam S48, utilise dans sa protection Maximum de courant phase uniquement le fondamental du signal d'entrée, de ce fait, il dispose d'un filtre d'entrée insensible à la composante continue du courant d'enclenchement. Ainsi le relais ne verra au maximum que la valeur crête ci-dessus divisé par $2 \cdot (\sqrt{2})$ soit 0.71kA eff en pointe pour la protection générale.

$$\text{Ainsi Seuil 51} > 0,5 \cdot \frac{\hat{I}_{encl}(t)}{\sqrt{2}}$$

Avec un réglage 1250 A à 0.15 s sur la protection C13100, l'enclenchement simultané de l'ensemble des transformateurs du site n'entraînera pas le déclenchement intempestif de la protection générale C13-100 sur la fonction Max de I.

Voir Définition du réglage au chapitre : 8.1 (page : 43)

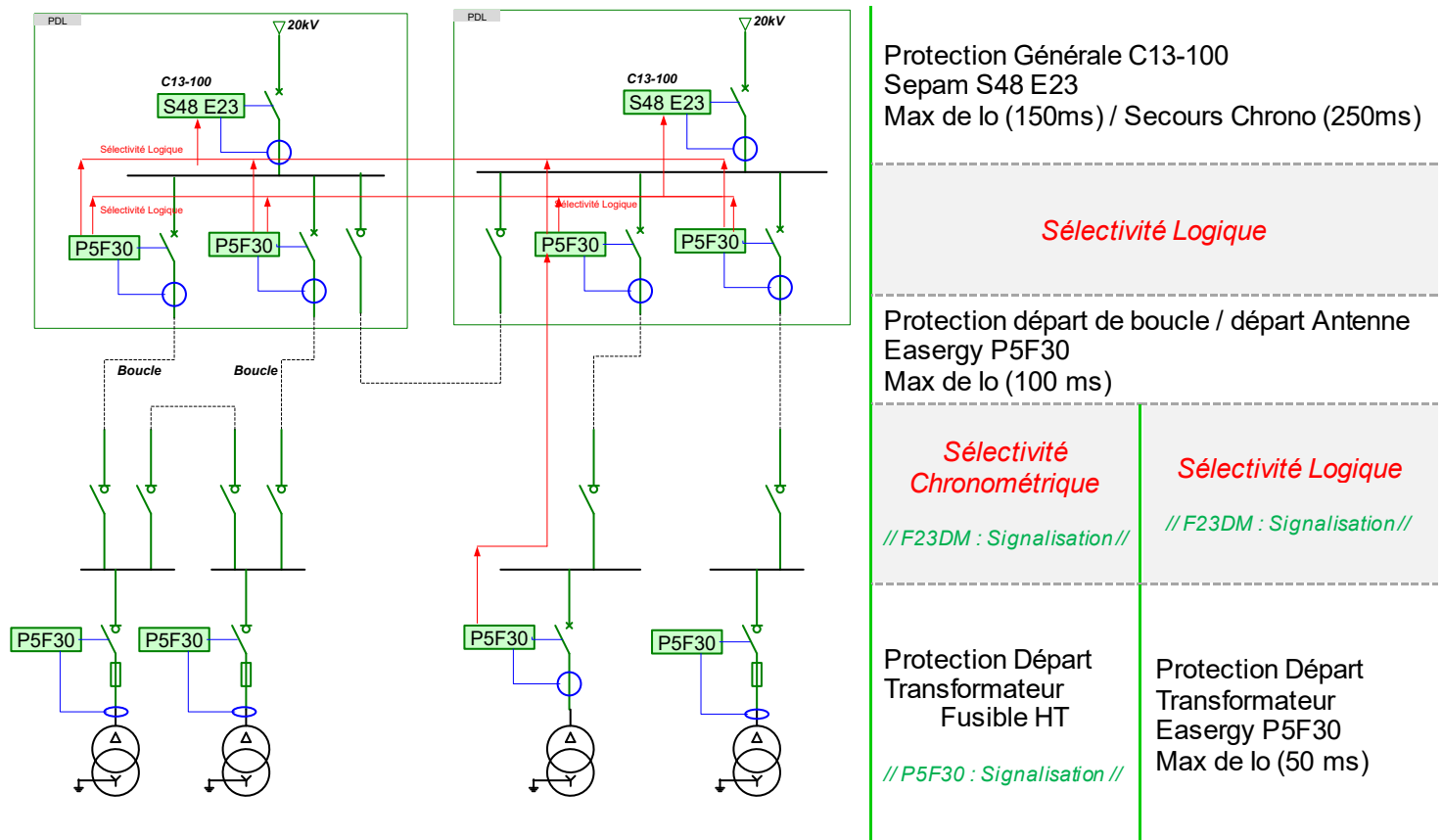
7.2 Protection contre les défauts terre sur ENEDIS

7.2.1 Présentation du plan de protection

En fonctionnement sur ENEDIS, il y a jusqu'à 3 étages de sélectivité qui s'étendent sur le réseau HTA (20kV) :

- Protection générale C13-100
- Protection départ de boucle ou départ antenne
- Protection transformateurs (Fusibles ou Disjoncteur au poste GME Antenne)

Le temps de d'élimination sur un défaut dans l'installation en fonctionnement sur ENEDIS doit être au maximum **de 200ms**. (NFC13-100) Ce temps inclus le temps de réaction de la protection et le temps d'ouverture du disjoncteur.

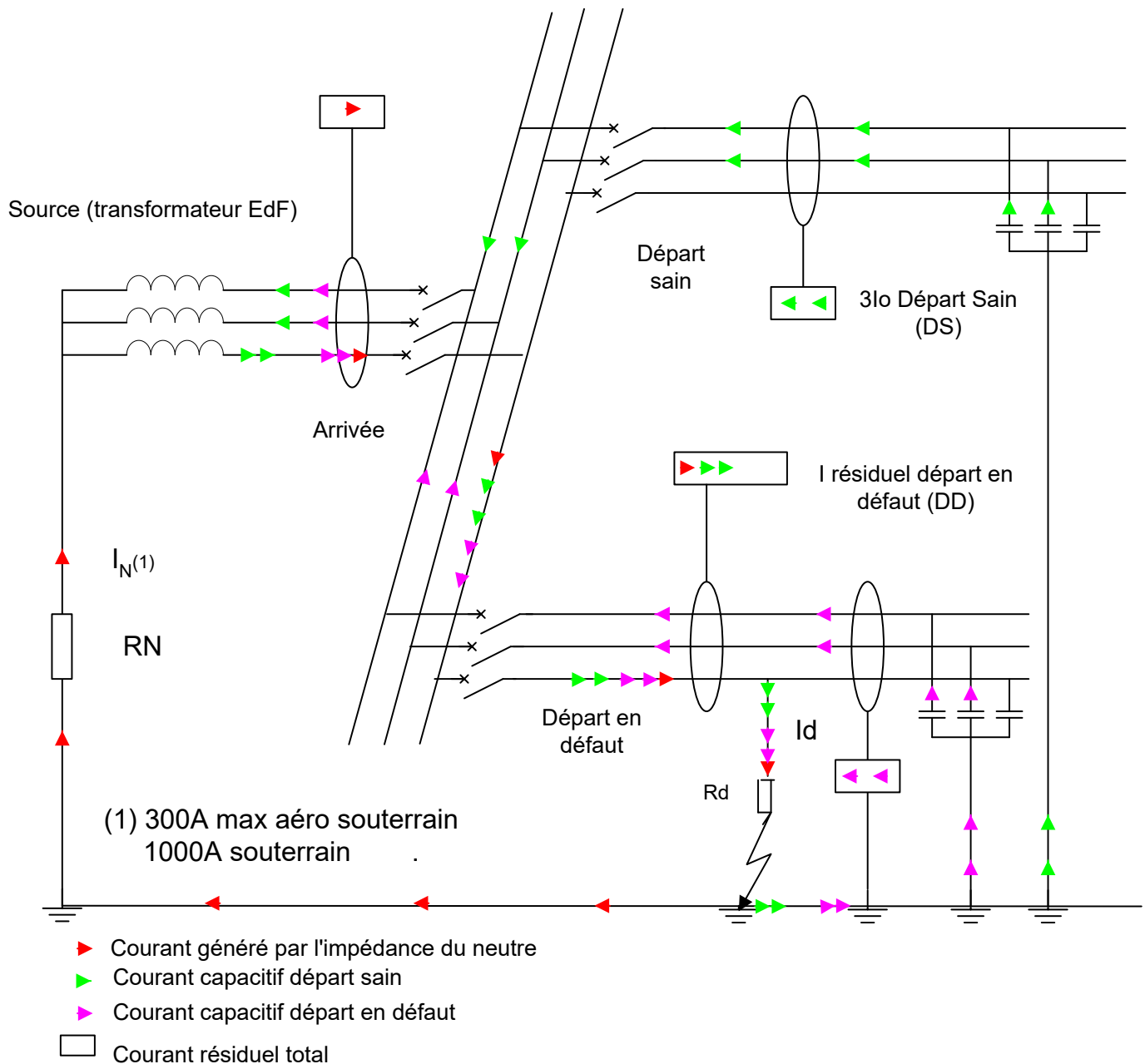


7.2.2 Immunité face aux phénomènes transitoires autres que les défauts terre

Deux cas de déclenchements intempestifs des protections contre les défauts à la terre sont possibles :

7.2.2.1 Due au courant capacitif résiduel

Les capacités entre phase et terre des câbles constituent une mise à la terre du système triphasé en parallèle avec l'impédance de point neutre d'ENEDIS. Lors d'un défaut à la terre, il circule un courant homopolaire capacitif dans les départs sains.



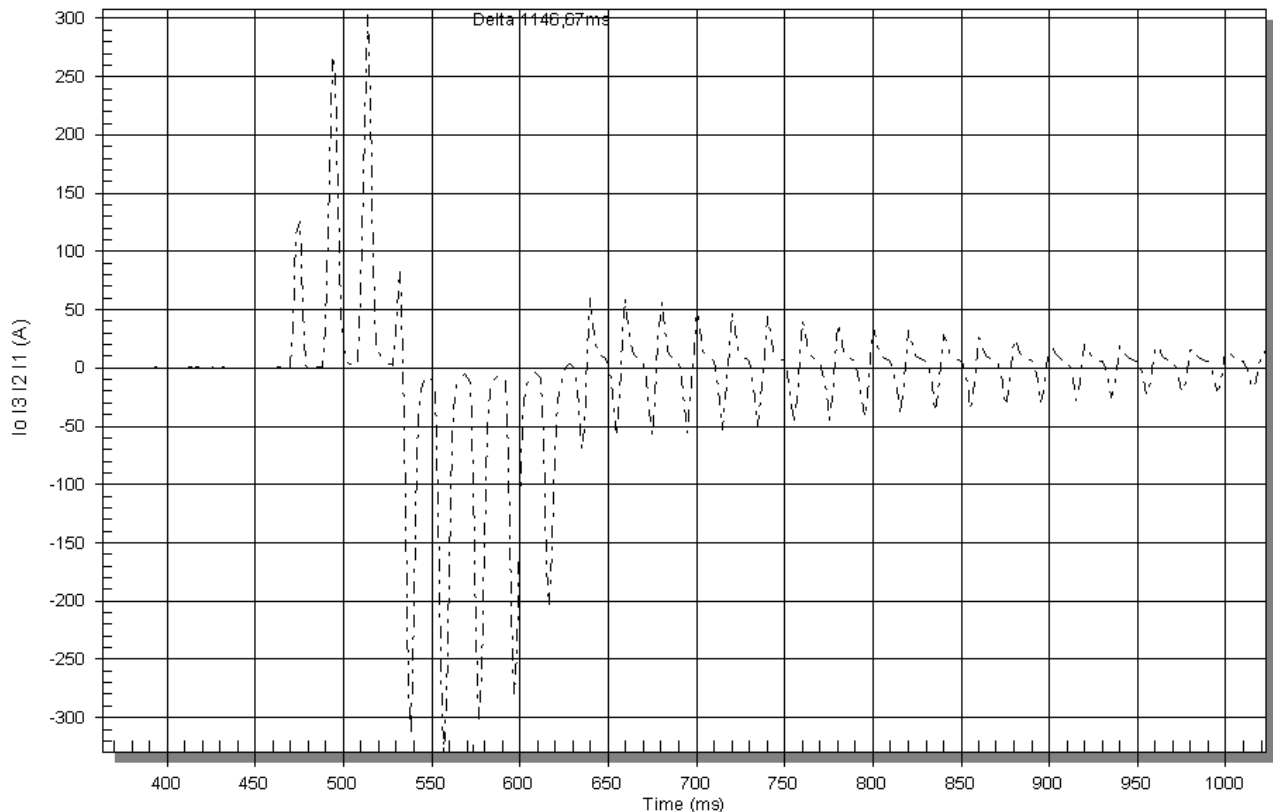
La protection C13100 est nécessairement ampèremétrique simple, en s'assurant que le seuil est supérieur au courant capacitif résiduel global du site.

Voir chapitre 7.5

7.2.2.2 Due à l'enclenchement des transformateurs

Les protections qui mesurent le courant homopolaire par sommation des trois courants de phase sont susceptibles de voir un faux courant homopolaire durant l'enclenchement des transformateurs en aval. En effet le courant d'enclenchement des transformateurs provoque la saturation des transformateurs de courant et la somme des trois courants secondaires des TC est totalement erronée pendant cette saturation. Ce risque est présent pour la protection générale « D2S – C13100 / PdL ». Les autres protections disjoncteurs mesurent le courant homopolaire par tore.

Exemple de faux courant homopolaire mesuré par somme des trois TC dans le cas illustré précédemment
(enclenchement de deux transformateurs Trihal 1600KVA, TI 200/5 7,5VA 5P15)



Les relais de protection numérique de type Sepam S48 disposent d'une retenue à l'harmonique 2 qui permet de s'affranchir de ce phénomène.

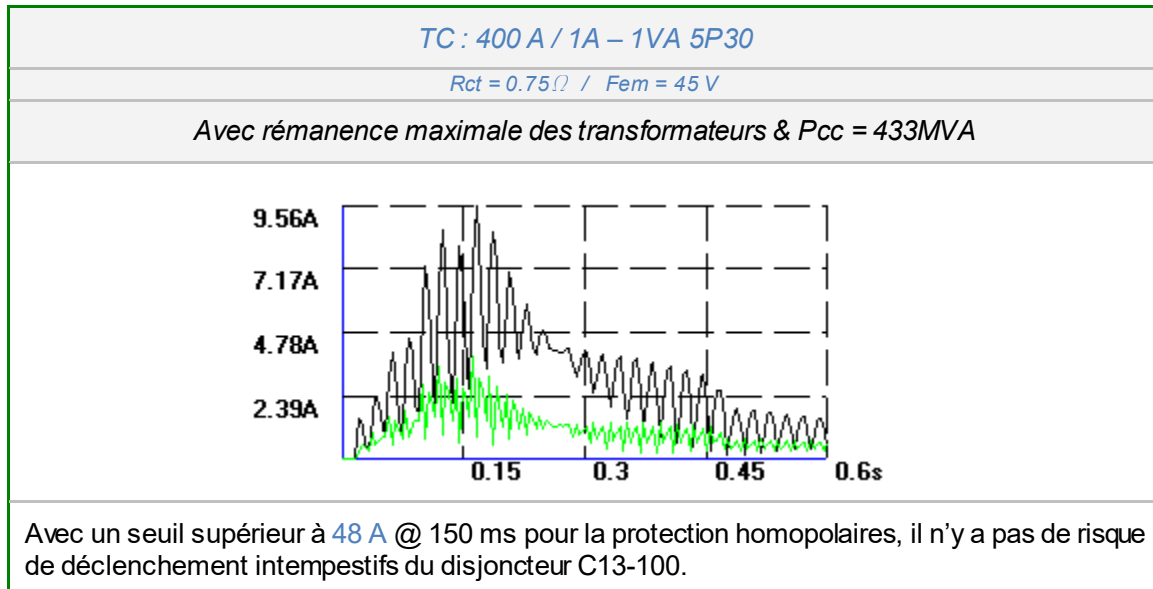
D'autres cas de déclenchement intempestif des protections homopolaires mesurant le courant résiduel sur tore apparaissent parfois et sont souvent liés à une mauvaise mise en œuvre des tores de mesure (voir chapitre 15 « Précautions de mise en œuvre »)

7.2.2.3 Réaction de la protection générale

Au regard de la NFC13-100, le réglage de la protection Max de lo doit être supérieur ou égal à $12\% I_n T_c$ et insensible au courant d'enclenchement des transformateurs ainsi qu'au courant capacitif (120% également du courant résultant de la magnétisation des transformateurs et la saturation des TC).

$12\% I_n T_c \Rightarrow 48A$ (avec TC protection = 400 A)

Le seuil est fixé à 48 A, on vérifie donc le non déclenchement de la protection sur le courant de magnétisation à l'enclenchement des transformateurs avec d'une puissance de court-circuit maximale au point de raccordement des arrivées C13-100. La simulation ci-après représente la valeur efficace de la somme des courants Phase vue par la protection générale C13-100, à l'enclenchement de tous les transformateurs du site.



412.4.2 Réseau de distribution HTA à neutre faiblement impédant

La protection doit être assurée par un relais à maximum de courant résiduel à retard indépendant.

La temporisation de ce relais doit être réglée de manière à ce que le courant de défaut soit éliminé en 0,2 s au plus.

Le courant de réglage du relais doit être le plus faible possible et en tout état de cause supérieur à 1,2 fois :

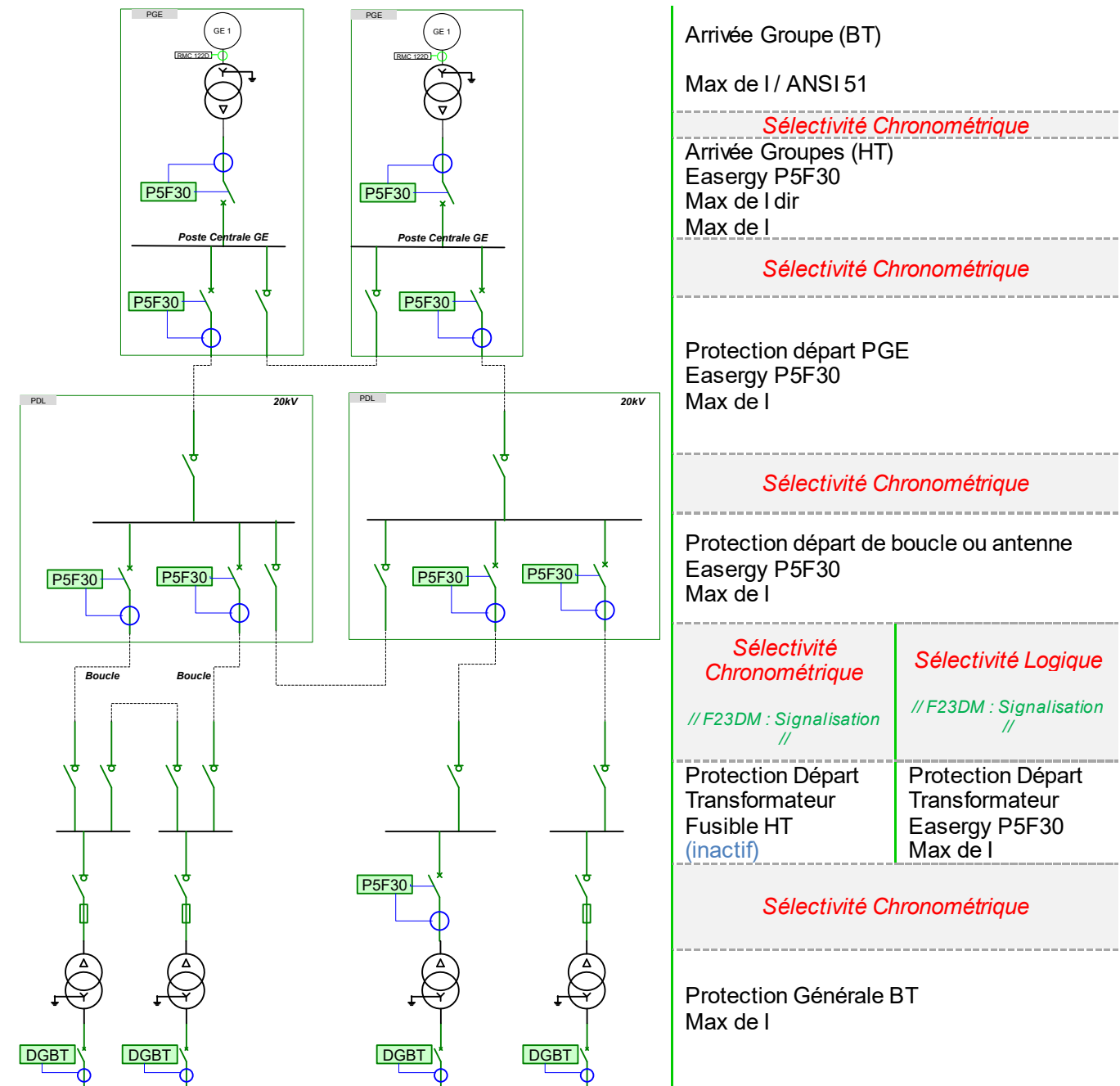
- le courant résiduel capacitif maximal de l'installation ;
- le courant résiduel apparent résultant de l'imprécision des transformateurs de courant TC, en particulier à la mise sous tension de l'installation ou au démarrage d'un équipement, si le relais est alimenté par la somme des courants de trois transformateurs de courant.

7.3 Protection contre les courts-circuits sur GE

7.3.1 Présentation du plan de protection – Fonctionnement jusqu'à 2 GE

En fonctionnement secours sur Groupe, il y a jusqu'à 6 étages de sélectivité qui s'étendent sur le réseau HTA (20kV) / BT (400V) :

- Protection arrivée Groupe (BT)
- Protection arrivée Groupe (HT)
- Protection départ PGE
- Protection départ de boucle
- Protection transformateurs (Fusibles ou Disjoncteur au poste GME Antenne)
- Protection générale BT

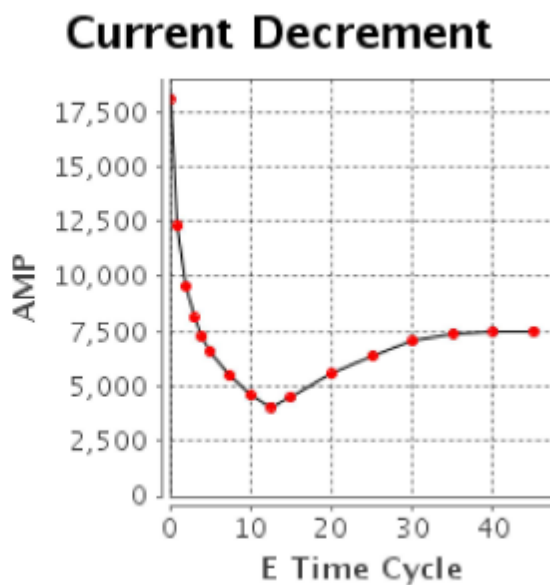


7.3.2 Réaction sur court-circuit

Courbe de courant de défaut pour l'alternateur

Current Decrement Data

E Time Cycle	AMP
0.0	18,098
1.0	12,283
2.0	9,547
3.0	8,116
4.0	7,236
5.0	6,603
7.5	5,450
10.0	4,575
12.5	4,055
15.0	4,506
20.0	5,545
25.0	6,370
30.0	7,052
35.0	7,404
40.0	7,488
45.0	7,494

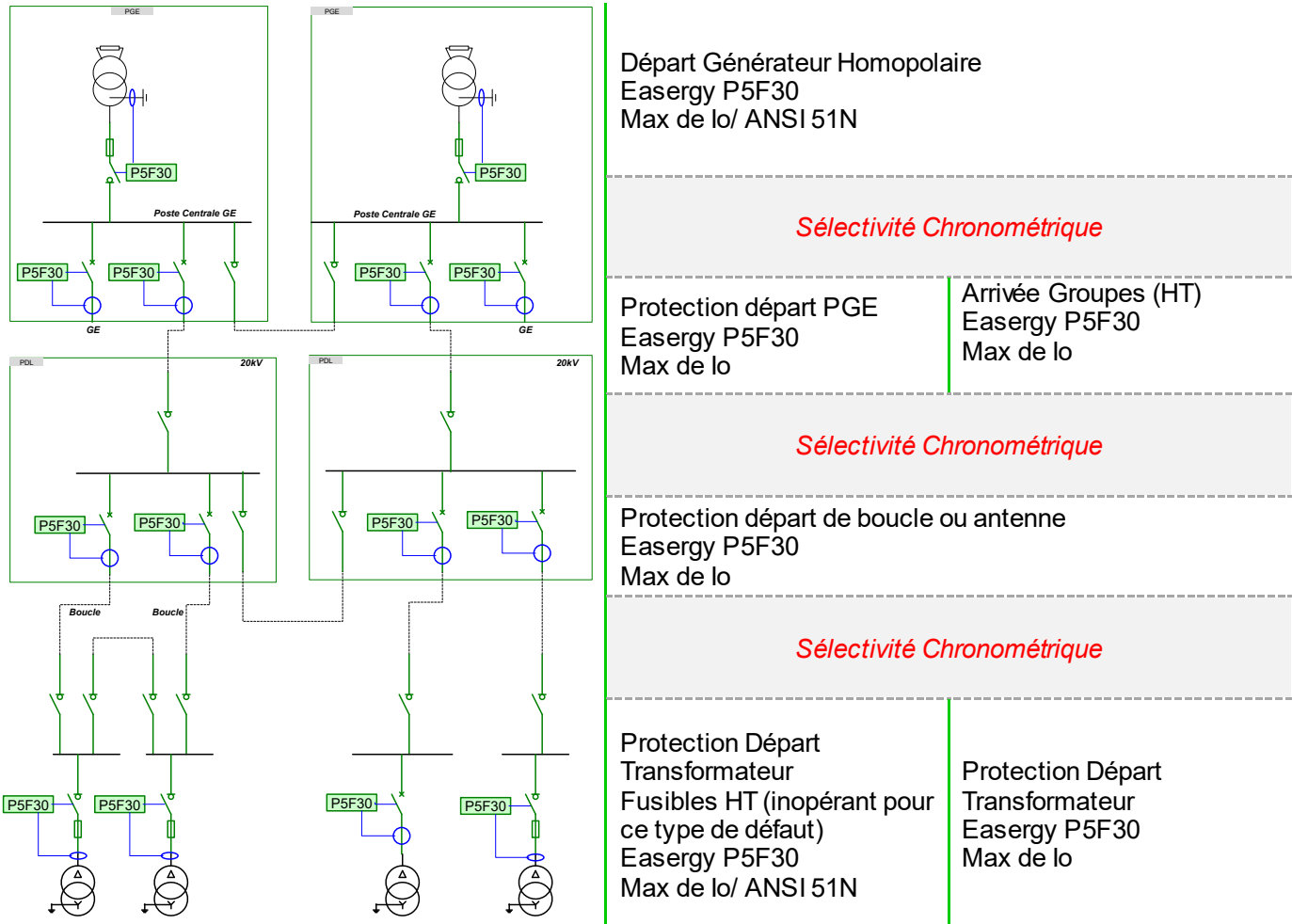


7.4 Protection contre les défauts terre sur GE

7.4.1 Présentation du plan de protection – Fonctionnement sur GH

En fonctionnement secours sur Groupe, il y a jusqu'à 5 étages de sélectivité qui s'étendent sur le réseau HTA (20kV) :

- Protection arrivée Générateur Homopolaire
- Protection arrivée GE ou départ de PGE
- Protection départ Boucle ou départ Antenne
- Protection transformateurs (Fusibles ou Disjoncteur au poste GME Antenne)



7.4.2 Immunité face aux phénomènes transitoires autres que les défauts à la terre

De même que sur ENEDIS, les capacités entre phase et terre des câbles constituent une mise à la terre du système triphasé. Lors d'un défaut à la terre, il circule un courant homopolaire capacitif dans les départs sains.

7.5 Courant Capacitif Résiduel

Les capacités entre phase et terre des câbles constituent une mise à la terre du système triphasé.

En fonctionnement sur ENEDIS, en cas de défaut, il y a circulation de courant dans tous les circuits du réseau, via la mise à la terre du réseau HT effectué par ENEDIS, il faut donc pouvoir éviter de faire déclencher les départs sains.

7.5.1 Calcul du Courant Capacitif Résiduel

La valeur du courant capacitif résiduel dépend de la longueur des câbles, de leurs caractéristiques ainsi que celles du réseau.

$$I_{capa} = 3.C.\omega.L.V_n$$

Départ étudié	Courant capacitif total	Réglage 51N minimal
APHP_LM	3.41 A	5 A

La protection générale du site verra jusqu'à 3.4 A de courant capacitif ($L < 1$ km).

La longueur totale des liaisons HTA est estimée à moins de 1.5km (liaisons HT vers les transformateurs incluses), ainsi la valeur du courant capacitif total du site est de **5A maximum** (tolérance sur les longueurs incluses).

7.5.2 Réglage minimal sur « Max de Io » sur ENEDIS

Dans la pratique, la NFC13-200, recommande de définir le seuil de la protection (départ boucle) à temps constant à 1,3 fois la valeur du courant capacitif résiduel maximal sur le départ à protéger.

Pour ce qui est de la protection générale C13-100, le seuil de la protection homopolaire doit être nécessairement supérieur au courant capacitif total du site, ce qui est le cas avec le seuil supérieur à **48 A**.

7.6 Protection contre surcharge sur ENEDIS

Contrairement à la C13-200, la C13-100 n'impose pas de protection contre les surcharges.

Tenue thermique permanente des TC : 1,2In pour les cellules SM6.

Tenue thermique permanente des câbles (NFC13200 2009 –Partie 5 – Chapitre 52) :

Tenant	Aboutissant	Section (mm²)	Ame	Iso.	L (m)	Mode de Pose	Courant Admissible	Coef	Courant Retenu	In véhicule max* (A)
PdL1 Départ Boucle	Poste G & ME Boucle	3x1x240	Alu	PR	0	61	428 A	0.5415	231.762	87.47 A
	0	3x1x150	Alu	PR	26	13	360 A	1	360	87.47 A
	0	3x1x150	Alu	PR	226	41	360 A	1	360	87.47 A
Poste G & ME Boucle	Poste cuisine	3x1x150	Alu	PR	15	13	360 A	1	360	69.28 A
	0	3x1x150	Alu	PR	20	61	325 A	0.5415	175.9875	69.28 A
	0	3x1x150	Alu	PR	122	41	360 A	1	360	69.28 A
Poste cuisine	Poste A1 Boucle	3x1x150	Alu	PR	3	13	360 A	1	360	64.37 A
	0	3x1x150	Alu	PR	67	61	325 A	0.5415	175.9875	64.37 A
	0	3x1x150	Alu	PR	67	41	360 A	1	360	64.37 A
Poste A1 Boucle	PdL1 Départ Boucle	3x1x150	Alu	PR	8	13	360 A	1	360	87.47 A
	0	3x1x150	Alu	PR	10	41	360 A	1	360	87.47 A
	0	3x1x150	Alu	PR	0	61	325 A	0.5415	175.9875	87.47 A
PdL1 Arr GE	Poste CGE 1	3x1x150	Alu	PR	0	61	325 A	0.57	185.25	115.47 A
	0	3x1x150	Alu	PR	3	13	360 A	1	360	115.47 A
	0	3x1x150	Alu	PR	4	41	360 A	1	360	115.47 A
Poste CGE 1	Poste CGE 2	3x1x150	Alu	PR	8	13	360 A	1	360	57.74 A
	0	3x1x150	Alu	PR	8	41	360 A	1	360	57.74 A
Poste CGE 2	PdL2 Arr GE	3x1x150	Alu	PR	10	13	360 A	1	360	115.47 A
	0	3x1x150	Alu	PR	0	61	325 A	0.5415	175.9875	115.47 A
PdL2 Départ A2	Poste A2 Antenne	3x1x150	Alu	PR	0	61	325 A	0.5415	175.9875	23.09 A
	0	3x1x150	Alu	PR	8	13	360 A	1	360	23.09 A
	0	3x1x150	Alu	PR	5	41	360 A	1	360	23.09 A
PdL2 Départ G & ME	Poste G & ME Antenne	3x1x150	Alu	PR	0	61	325 A	0.5415	175.9875	46.19 A
	0	3x1x150	Alu	PR	30	13	360 A	1	360	46.19 A
	0	3x1x150	Alu	PR	67	61	325 A	0.5415	175.9875	46.19 A
	0	3x1x150	Alu	PR	103	41	360 A	1	360	46.19 A
PdL1	PdL2	3x1x240	Alu	PR	0	61	428 A	0.5415	231.762	87.47 A
	0	3x1x240	Alu	PR	5	13	490 A	1	490	87.47 A
Poste G & ME Boucle	Transformateur	3x1x50	Alu	PR	10	13	185 A	1	185	23.09 A
Poste G & ME Boucle	Transformateur	3x1x50	Alu	PR	10	13	185 A	1	185	23.09 A
Poste cuisine	Transformateur	3x1x50	Alu	PR	10	13	185 A	1	185	23.09 A
Poste A1 Boucle	Transformateur	3x1x50	Alu	PR	10	13	185 A	1	185	23.09 A
Poste A2 Antenne	Transformateur	3x1x50	Alu	PR	10	13	185 A	1	185	23.09 A
Poste G & ME Antenne	Transformateur	3x1x50	Alu	PR	10	13	185 A	1	185	23.09 A
Poste G & ME Antenne	Transformateur	3x1x50	Alu	PR	10	13	185 A	1	185	23.09 A
Poste CGE 1	Transformateur GE	3x1x150	Alu	PR	10	13	360 A	1	360	57.74 A
	0	3x1x150	Alu	PR	14	61	325 A	0.57	185.25	57.74 A
	0	3x1x150	Alu	PR	20	41	360 A	1	360	57.74 A
Poste CGE 1	GH	3x1x50	Alu	PR	10	13	185 A	1	185	1.33 A
Poste CGE 2	Transformateur GE	3x1x150	Alu	PR	10	13	360 A	1	360	57.74 A
	0	3x1x150	Alu	PR	14	61	325 A	0.57	185.25	57.74 A
	0	3x1x150	Alu	PR	20	41	360 A	1	360	57.74 A
Poste CGE 2	GH	3x1x50	Alu	PR	10	13	185 A	1	185	1.33 A

Nota : les cellules vertes sont les hypothèses prises en compte par Schneider Electric dans le cadre de cette étude, en l'absence des informations nécessaires.

✓ Les câbles sont correctement dimensionnés aux regards de la norme C13-200 de 2009.

Surcharge des transformateurs de distribution :

La protection contre les surcharges des transformateurs de distribution sera assurée par les relais associés aux sondes. Ces équipements agiront sur les cellules protection départ transformateur

7.7 Protection contre les défauts internes transformateurs

Cette protection est assurée à la fois par la protection HTA et par les relais associés aux sondes, qui devront provoquer le déclenchement des cellules HTA amont.

Les protections doivent assurer la surveillance des transformateurs pour les types de défauts suivant :

- **Surcharge**
 - Relais de Protection numérique HT (DM1 uniquement)
 - Protection ANSI 49rms – Image thermique
 - Protection ANSI 50/51 – Maximum de courant phase
 - Protection BT
 - Protection Long Retard
 - Sondes + Relais associés en fonction du type de transformateur (voir ci-dessous) – Fonction Température
- **Court-circuit**
 - Protection HT uniquement
 - Si DM1 : Protection ANSI 50/51 – Maximum de courant phase
 - Si QM : Fusible uniquement sur fonctionnement ENEDIS.
 - Sondes + Relais associés en fonction du type de transformateur (voir ci-dessous) – Fonction Dégagement Gazeux et Pression de la cuve pour les transformateurs immergé et Fonction Température pour les transformateurs enrobé.
- **Défaut à la terre**
 - Protection HT*
 - Si DM1 : Protection ANSI 50N/51N – Maximum de courant phase
 - Si QM : Fusible uniquement sur fonctionnement ENEDIS.
 - Protection BT (dépendant du SLT BT – hors périmètre).

* : le primaire des transformateurs HT/BT étant couplé en triangle, 100% des enroulements seront protégés contre un éventuel défaut interne du transformateur entre phase et terre.

Les sondes et relais associées sont par exemple de types :

Transformateur immergé :

- DMCR : pour Dispositif de Mesure et Contrôle de Régime, ou également DGPT2 ; permet la surveillance du Dégagement Gazeux, de la Pression de la cuve et de la Température avec un seuil alarme et un seuil de déclenchement. (Les contacts de déclenchement devant être à accrochage)

Transformateur enrobé :

- PT100 + relais T ou PTc + relais Zhiel ; permet la surveillance de la température des enroulements, la protection étant assuré par le relais T ou Z associé aux organes de protection encadrant le transformateur.



8 Définitions des réglages

8.1 Protection Générale : C13-100 & C15-400 (découplage)

Ces réglages doivent satisfaire les conditions suivantes :

- ✚ Détecter le courant de court-circuit minimum sur le réseau HTA (défaut biphasé en extrémité de boucle)
- ✚ Être sélectives, dans la mesure du possible, avec les protections départs boucles
- ✚ Être insensibles aux phénomènes transitoires autres que les courts-circuits et défauts à la terre (tels que les enclenchements transformateurs)
- ✚ Être insensibles aux courants capacitifs des câbles
- ✚ Détecter les défauts homopolaires (y compris impédant)
- ✚ Être conformes à la NFC13-100 (élimination du défaut dans un temps de 0,2 seconde) => Sélectivité Logique
- ✚ Être conformes à la norme NFC15-400 – Guide B61.4
- ✚ Assurer la protection des TC.
 - In TC = 400 A

Les réglages proposés pour la protection « Max de I » (court-circuit) répondent à ces conditions et sont conformes à la NFC13-100 stipule que le réglage de la protection contre les courts-circuits doit correspondre « à la plus petite des deux valeurs : 0,8 I_{cc bi} et 8I_b ».

I_{cc bi} min = 7.34 kA
I_b = 156 A (5.43MVA)

0,8 x I_{cc bi} = 5.8 kA
8 x I_b = 1248 A

Les réglages proposés pour la protection « Max de I_o » (défaut terre) doivent répondre aux conditions de la NFC13-100 qui stipule que le réglage de la protection contre les défauts à la terre doit être « en tout état de cause supérieur à 1.2 fois le courant résiduel capacitif maximal de l'installation et le courant résiduel apparent résultant de l'imprécision des transformateurs de courants en particulier à la mise sous tension de l'installation ».

Réglages pour mise en œuvre par ENEDIS :

Cellule	Matériel	Fonctions	ANSI	Cbe	Seuil	Tempo	
Protections C13-100	SEPAM S48 E23	Max I	51	DT	1250 A	150 ms	Seuil Logique (# 1)
		Max I	51	IEC SIT	400 A	1 s	Seuil Chrono (# 4)
		Max I	51	DT	1250 A	250 ms	Seuil Chrono (# 3)
		Max I _o	51N	DT	48 A	150 ms	Seuil Logique (# 1)
		Max I _o	51N	DT	48 A	150 ms	Seuil Chrono (# 3)
Protections C15-400		Max de Vo	59N		10% Unp	50 ms	Découplage type F1
		Max de U	59		115 % Unp	50 ms	Découplage type F1
		Min de U	27		85% Unp	50 ms	Découplage type F1
		Min de F	81L		47.5 Hz	50 ms	Découplage type F1
		Max de F	81H		51 Hz	50 ms	Découplage type F1

Type F.1 = Couplage Fugitif HTA

8.2 Protections départ de boucle

Ces réglages doivent satisfaire les conditions suivantes :

- ✚ Détecter le courant de court-circuit minimum sur le réseau HTA dans les différents modes de fonctionnement :
 - Sur ENEDIS ou sur 1 GE : nécessite la mise en place du chgt de jeux de réglages, afin de :
 - ✚ Détecter et éliminer en fonctionnement sur ENEDIS, avec un $I_{cc\ min_{20kV}} > 6.8\ kA$
 - ✚ Détecter et éliminer en fonctionnement sur GE, avec un $I_{cc\ min_{20kV}} > 0.1\ kA$
- ✚ Être sélectifs, dans la mesure du possible, avec les protections départs transformateurs en aval et la protection générale C13-100 en amont
 - Sélectivité Logique (à mettre en place) avec une temporisation à 100 ms vers le Sepam S48
 - Seuil ampéremétrique inférieur ou égal à la protection en amont.
- ✚ Être insensibles aux phénomènes transitoires autres que les courts-circuits et défauts à la terre (tels que les enclenchements transformateurs)
- ✚ Être insensibles aux courants capacitifs des câbles
- ✚ Détecter les défauts homopolaires (y compris impédant)
- ✚ Assurer la protection contre les surcharges des TC, des câbles des liaisons immédiatement en aval (tolérance de 5% cf NFC13200).
 - $I_n\ TC = 100\ A$
 - Tenue du câble : 175 A
 - Boucle: $I_b < I_n\ TC < I_{cable}$
 - **Seuil surcharge incompatible avec une détection à 1 GE ($S_{nGE} < S_{nInstallée}$), ainsi la puissance par départ est limitée à 2.2MVA**

Boucle HTA	Tenue maximale des liaisons (A)	$I_n TC$	Seuil $I >$ maximal préconisé	Puissance équivalente (kVA)	Seuil $I >$ rel.
Boucle	175.99 A	100 A	120 A	4157 kVA	$1.2 I_n TC$

Cellules	Matériel	Fonctions	ANSI	Grp	Seuil	Cbe	Seuil	Tempo		
Départ De	Easergy P5F30	Max de I	51	A	I>>>	DT	1000 A	100 ms	10 In	Seuil Logique
		Max de I	51	A	I>>	DT	280 A	1 s	2.8 In	
Boucle		Max de I	51	A	I>	IEC EIT	100 A	1 s	1 In	TMS = 1.24
		Max de Io	51N	A	Io>>	DT	10 A	100 ms		Seuil Logique
		Max de I	51	B	I>>	DT	65 A	400 ms	** In	
		Max de I	51	B	I>	DT	50 A	1 s	0.5 In	
		Max de Io	51N	B	Io>>	DT	10 A	100 ms		

8.3 Protections départ antenne

Ces réglages doivent satisfaire les conditions suivantes :

- ✚ Détecter le courant de court-circuit minimum sur le réseau HTA dans les différents modes de fonctionnement :
 - Sur ENEDIS ou sur 1 GE : nécessite la mise en place du chgt de jeux de réglages, afin de :
 - ✚ Détecter et éliminer en fonctionnement sur ENEDIS, avec un $I_{cc\ min_{20kV}} > 6.8\ kA$
 - ✚ Détecter et éliminer en fonctionnement sur GE, avec un $I_{cc\ min_{20kV}} > 0.1\ kA$
- ✚ Être sélectifs, dans la mesure du possible, avec les protections départs transformateurs en aval et la protection générale C13-100 en amont
 - Sélectivité Logique (à mettre en place) avec une temporisation à 100 ms reçu du poste GME
 - Sélectivité Logique (à mettre en place) avec une temporisation à 100 ms vers le Sepam S48
 - Seuil ampéremétrique inférieur ou égal à la protection en amont.
- ✚ Être insensibles aux phénomènes transitoires autres que les courts-circuits et défauts à la terre (tels que les enclenchements transformateurs)
- ✚ Être insensibles aux courants capacitifs des câbles
- ✚ Détecter les défauts homopolaires (y compris impédant)
- ✚ Assurer la protection contre les surcharges des TC, des câbles des liaisons immédiatement en aval (tolérance de 5% cf NFC13200).
 - $I_n\ TC = 75\ A$
 - Tenue du câble : 175 A
 - Antenne: $I_b < I_n\ TC < I_{cable}$

Boucle HTA	Tenue maximale des liaisons (A)	$I_n Tc$	Seuil $I >$ maximal préconisé	Puissance équivalente (kVA)	Seuil $I >$ rel.
Antenne A2	175.99 A	75 A	90 A	3118 kVA	1.2 $I_n Tc$
Antenne G&ME	175.99 A	75 A	90 A	3118 kVA	1.2 $I_n Tc$

Cellules	Matériel	Fonctions	ANSI	Grp	Seuil	Cbe	Seuil	Tempo		
Départ	Easergy P5F30	Max de I	51	A	I>>>	DT	750 A	100 ms	10 In	Seuil Logique
		Max de I	51	A	I>>	DT	280 A	1 s	3.73 In	
Antenne		Max de I	51	A	I>	IEC EIT	90 A	1 s	1.2 In	TMS = 1.24
		Max de Io	51N	A	Io>>	DT	10 A	100 ms		Seuil Logique
		Max de I	51	B	I>>	DT	65 A	400 ms	** In	
		Max de I	51	B	I>	DT	50 A	1 s	0.5 In	
		Max de Io	51N	B	Io>>	DT	10 A	100 ms		

8.4 Poste HTA GE

8.4.1 Protections Générateur Homopolaire

Le générateur homopolaire est équipé d'un Easergy P5 utilisé conformément au tableau ci-dessous :

Cellules	Matériel	Fonctions	ANSI	A/B	Cbe	Seuil	Tempo
Départ GH	Easergy P5F30	Max de Io >	51N	-	DT	2 A	10 s
		Max de Io >>	51N	-	DT	10 A	1 s

Ces réglages doivent satisfaire les conditions suivantes :

- ⚡ Détecter les défauts homopolaires HT
- ⚡ Assurer une protection du générateur homopolaire (20A/5s – 4Apermanent)
- ⚡ Assurer une protection contre les surcharges

Nota:

Voir chapitres 15.2, pour la mise en œuvre du tore homopolaire

8.4.2 Protections Groupes Electrogène (BT)

Ces réglages doivent satisfaire les conditions suivantes :

- ⚡ Détecter le courant de court-circuit minimum sur le réseau HTA (défaut biphasé en extrémité de boucle)
- ⚡ Assurer une protection contre les surcharges ($I_{nBT} = 2720$ A)
- ⚡ Être adaptés au plan de protection HT.

Composition du plan de protection						Réglages			
Relai	Capteurs	Protection	ANSI	Set	Log	Courbe	Seuil abs.	Seuil Rel.	Tempo (s)
RMC 122 D	3CT 3000 / 5	Max de I	50/51	1	I>	I _{2t}	3000A	1Ir	10s

Nota:

Nous recommandons de modifier les réglages existants pour s'adapter au plan de protection.

8.4.3 Protections Groupes Electrogène (HT)

Ces réglages doivent satisfaire les conditions suivantes :

- ↗ Détecter le courant de court-circuit minimum sur le réseau HTA (défaut biphasé en extrémité de boucle)
- ↗ Être insensibles aux phénomènes transitoires autres que les courts-circuits et défauts à la terre
- ↗ Être insensibles aux courants capacitifs résiduels du réseau, mais détecter les défauts terre sur sa ligne
- ↗ Assurer la protection contre les surcharges des TC, des câbles des liaisons immédiatement en aval (tolérance de 5% cf NFC13200).
 - $I_n \text{ TC} = 100 \text{ A}$
 - Tenue du câble : 185 A
 - $I_n \text{ transfo} = 57.7 \text{ A}$
 - $I_b < I_n \text{ TC} < I_{\text{câble}}$

Cellules	Matériel	Fonctions	ANSI	Grp	Cbe	Seuil	Tempo		
Arrivée GE	Easergy P5F30	Image Thermique	49 rms	-		57.7 A	T1=T2=10min	0.77 In	AI : 105% Décl : 120%
		Max de I	51	-	DT	75 A	1.2 s	1 In	
		Max de I dir	67	-	DT	57.7 A	0.4 s	0.76 In	30° Ligne
		Max de Io	51N	-	DT	5 A	0.4 s		
		Max de Vo	59 N	-		10 %	2 s		

8.4.4 Protections Départ vers PDL (couplage)

Ces réglages doivent satisfaire les conditions suivantes :

- ✚ Détecter le courant de court-circuit minimum sur le réseau HTA dans les différents modes de fonctionnement :
 - Ce départ a pour vocation principale a alimenté le(s) PDL en fonctionnement sur GE et ne sera soumis à la tension ENEDIS uniquement durant les couplages fugitifs, ainsi :
 - ✚ Détecter et éliminer en fonctionnement sur ENEDIS, avec un $I_{cc\ min_{20kV}} > 6.8\ kA$
 - ✚ Détecter et éliminer en fonctionnement sur GE, avec un $I_{cc\ min_{20kV}} > 0.1\ kA$
- ✚ Être sélectifs, dans la mesure du possible, avec les protections départs de boucle des PDL en aval, et avec les protections GE en amont :
 - Seuil ampéremétrique supérieur ou égal à la protection en amont.
 - Seuil ampéremétrique inférieur ou égal à la protection en amont.
 - Sélectivité chronométrique sur GE
 - Sélectivité Logique (à mettre en place) avec une temporisation à 100 ms
- ✚ Être insensibles aux phénomènes transitoires autres que les courts-circuits et défauts à la terre (tels que les enclenchements transformateurs)
- ✚ Être insensibles aux courants capacitifs des câbles
- ✚ Détecter les défauts homopolaires (y compris impédant)
- ✚ Assurer la protection contre les surcharges des TC, des câbles des liaisons immédiatement en aval (tolérance de 5% cf NFC13200).
 - $I_n\ TC = 100\ A$
 - Tenue du câble : 175 A
 - Boucle: $I_b < I_n\ TC < I_{câble}$
 - Seuil surcharge incompatible avec une détection à 1 GE ($S_{nGE} < S_{nInstallée}$), ainsi la puissance par départ est limitée à 2.2MVA

Cellules	Matériel	Fonctions	ANSI	Grp	Seuil	Cbe	Seuil	Tempo		
Départ VERS	Easergy	Max de I	51		I>>>>	DT	1000 A	100 ms	10 In	Seuil Logique
		Max de I	51		I>>>	DT	65 A	700 ms	** In	
		Max de I	51		I>>	IEC-IT	120 A	1s	1 In	
PDL	P5F30	Max de I	51		I>	DT	50 A	1s	0.5 In	Signalisation
		Max de Io	51N		Io>>	DT	50 A	100 ms		Seuil Logique
		Max de Io	51N		Io>	DT	10 A	700 ms		

8.5 Localisateurs de défaut

Pour régler les détecteurs de défaut de manière à signaler les défauts sur les boucles, il faut respecter 3 critères :

Être plus sensible et plus rapide que la protection de départ boucle

Afin de détecter les défauts d'isolement sur un câble ou sur un des jeux de barres de la boucle

Être insensible au courant capacitif

Lorsqu'un défaut d'isolement se produit entre une phase et la terre sur un départ de l'installation, il apparaît un courant homopolaire dans les départs sains de l'installation. Ce courant est dû à la capacité entre phase et terre des câbles. Il est proportionnel à la longueur des câbles en aval du point de mesure (3 à 5A /km de câble).

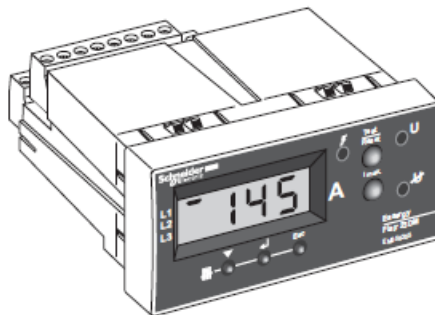
Être insensible aux perturbations autres que les défauts (tels que les manœuvres, mise sous tension de transformateur...)

Les niveaux de courants sur GE imposent des plages de réglages basses. Compte tenu du niveau de seuil certaines indications intempestives peuvent être provoquées par les courants magnétisant des transformateurs. Ces « faux défauts » fugitifs peuvent être acquittés automatiquement au bout d'un temps réglable ou par détection de retour du courant ou retour de la tension

Un réglage unique pour l'ensemble des protections sur la boucle simplifie la mise en œuvre. Des réglages différenciés en fonction de l'emplacement de la protection et de la topologie pourraient se justifier sur le plan théorique mais n'apporteraient pas d'avantages significatifs.

La solution retenue est : deux capteurs pour la mesure du courant phase et un tore pour la mesure du courant homopolaire. (Montage « B » dans la gamme Schneider Electric Easergy Flair)

Le seuil de détection phase est de 500 A.
Le seuil de détection homopolaire est de 10 A.
La temporisation de détection est de 40 ms.
Fonction Inrush : activée



8.6 Postes HT/BT

8.6.1 Poste GME (Antenne)

Ces réglages doivent satisfaire les conditions suivantes :

- ⚡ Détecter le courant de court-circuit minimum sur le réseau HTA dans les différents modes de fonctionnement :
 - Sur ENEDIS ou sur 1 GE : nécessite la mise en place du chgt de jeux de réglages, afin de :
 - Détecter et éliminer en fonctionnement sur ENEDIS, avec un $I_{cc\ min_{20kV}} > 6.8\ kA$
 - Détecter et éliminer en fonctionnement sur GE, avec un $I_{cc\ min_{20kV}} > 0.1\ kA$
- ⚡ Détecter le courant de court-circuit minimum au secondaire du transformateur
 - $I_{k2min} = 15\ kA$ sous 410V (soit 0.36kA sous 20kV) sur Enedis
 - $I_{k3max} = 19.7\ kA$ sous 440V (soit 0.4kA sous 20kV) sur Enedis
 - $I_{k2min} = 3.5\ kA$ sous 410V (soit 75A sous 20kV) sur 1GE
- ⚡ Eliminer le défaut dans un temps inférieur à la tenue du câbles HTA immédiatement en aval :
 - $T_{max} \leq 492\ ms$
- ⚡ Etre sélectifs, dans la mesure du possible, avec les protections en amont
 - Départ Antenne:
 - Seuil ampéremétrique inférieur ou égal à la protection en amont.
 - Sélectivité logique si possible (tempo amont = 100ms)
- ⚡ Etre sélectifs, dans la mesure du possible, avec les protections en aval (défaut secondaire TR) :
 - Arrivée BT : réglage de la temporisation à 20ms
- ⚡ Etre insensibles aux phénomènes transitoires autres que les courts-circuits et défauts à la terre (tels que les enclenchements transformateurs)
- ⚡ Etre insensibles aux courants capacitifs des câbles
- ⚡ Détecter les défauts homopolaires (y compris impédant)
- ⚡ Assurer la protection contre les surcharges des TC, du câble (tolérance de 5% cf NFC13200)
 - $I_n\ TC = 75\ A$
 - Tenue du câble : 175 A
 - Charge : $I_b < 23.1\ A$ étant donné une puissance du transformateur de 800 kVA
 - $I_b < I_n\ TC < I_{câble}$

Cellules	Matériel	Fonctions	ANSI	Group	Seuil	Cbe	Seuil	Tempo		
Départ	Easergy P5F30	Image Thermique	49 rms	-			23.1 A	T1=T2=10min	0.77 In	Al : 105% Décl : 120%
		Max de I	51	A	I>>>	DT	450 A	50 ms	6 In	Seuil Logique
		Max de I	51	A	I>>	DT	225 A	700 ms	3 In	
		Max de I	51	A	I>	IEC EIT	75 A	1 s	1 In	TMS = 1.24
		Max de Io	51N	A	Io>>	DT	5 A	50 ms		Seuil Logique
		Max de I	51	B	I>>	DT	70 A	100 ms	0.93 In	Déclenchement
		Max de Io	51N	B	Io>>	DT	5 A	100 ms		Déclenchement

8.6.2 Autres Postes HT/BT

Le tableau ci-après définit le calibre des fusibles de type Soléfuse, Fusarc et FNw/FDw recommandé conformément aux normes NFC13-200 et CEI62271-105 pour des puissances de transformateur allant de 25kVA à 2500 kVA :

Type de fusible	Tension de service (kV)	Puissance du transformateur (kVA)																Tension assignée (kV)
		25	50	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	
Soléfuse (cas général, norme UTE NFC 13.200)																		
20		6,3	6,3	6,3	6,3	16	16	16	16	31,5	31,5	31,5	43	43	63			24
22		6,3	6,3	6,3	6,3	16	16	16	16	16	31,5	31,5	31,5	43	63	63		

Le tableau ci-après liste les fusibles utilisés sur chaque poste du site :

Puissance Transformateur	Type	Tension de service (kV)	Tension assignée (kV)	Courant assigné (A)	Courant minimum de coupure (A)	Courant maximum de coupure (kA)
630 kVA	Soléfuse	20	24	31.5	157.5	30
800 kVA	Soléfuse	20	24	43	215	30

Par définition, les fusibles doivent, dans la mesure du possible, satisfaire les conditions suivantes uniquement :

- ⚡ Détecter le courant de court-circuit minimum sur le réseau HTA (défaut biphasé en extrémité de boucle) en fonctionnement sur ENEDIS
- ⚡ Être insensibles aux phénomènes transitoires autres que les courts-circuits et défauts à la terre (tels que les enclenchements transformateurs)
- ⚡ Détecter les défauts homopolaires HT (franc uniquement sur ENEDIS)

De plus, ces départs transformateurs sont équipés d'Easergy P5F30 qui ont les réglages ci-après, permettant de satisfaire aux conditions suivantes :

- ⚡ Signaler les défauts terre impédant sur le départ, en fonctionnement sur ENEDIS
- ⚡ Détecter et éliminer le défaut terre sur le départ, en fonctionnement sur GE

Cellules	Matériel	Fonctions	ANSI	Group	Cbe	Seuil	Tempo	
Départ	Easergy	Max de Io	51N	1A	DT	5 A	50 ms	Sans déclenchement
Tr	P5F30	Max de Io	51N	1B	DT	5 A	400 ms	Déclenchement sur GE

La coordination des 2 courbes permet de signaler sans risquer de déclencher le départ sur ENEDIS mais uniquement sur GE (correspondance temps/courant avec les protections encadrantes).

8.7 Protections : Disjoncteurs Basse Tension

Transfo	GME	Ax	Cuisine
Sn Transformateur kVA		800	630
Calibre (In)	1250	1600	1000
Long Retard			
lo (xIn)	(0.95In) 1188	1156	(0.95In) 950
Ir (xIo)			
tr (s)	24s	24s	24s
Court-Retard			
Im (xIr)	(6Ir) 7128 A	10404	(8Ir) 7600 A
Tm (ms)	0 s	20	0 s
Instantanée		24000	Hyp : 8 Ir
Disjoncteur:	MTZ1 12 H1	MTZ2 16N1	MTZ1 10 H1
Déclencheur:	µLogic 2.0X	µLogic 5.0x	µLogic 2.0X

Rappel : En conséquence du Schéma de Liaison à la Terre en BT (TNS), tout courant de défaut homopolaire devient un courant de court-circuit (Cf. Norme Française 15-100, chapitre 312.2.1). Cependant, nous recommandons de garantir une élimination des défauts homopolaires sur la liaison entre le transformateur et le DGBT, en mettant en place si nécessaire un ensemble de mesure et de détection sur la mise à la terre du point neutre du transformateur en garantissant que l'organe de protection choisi pour éliminer le défaut ait le pouvoir de coupure suffisant.



9 Courbes de Sélectivités

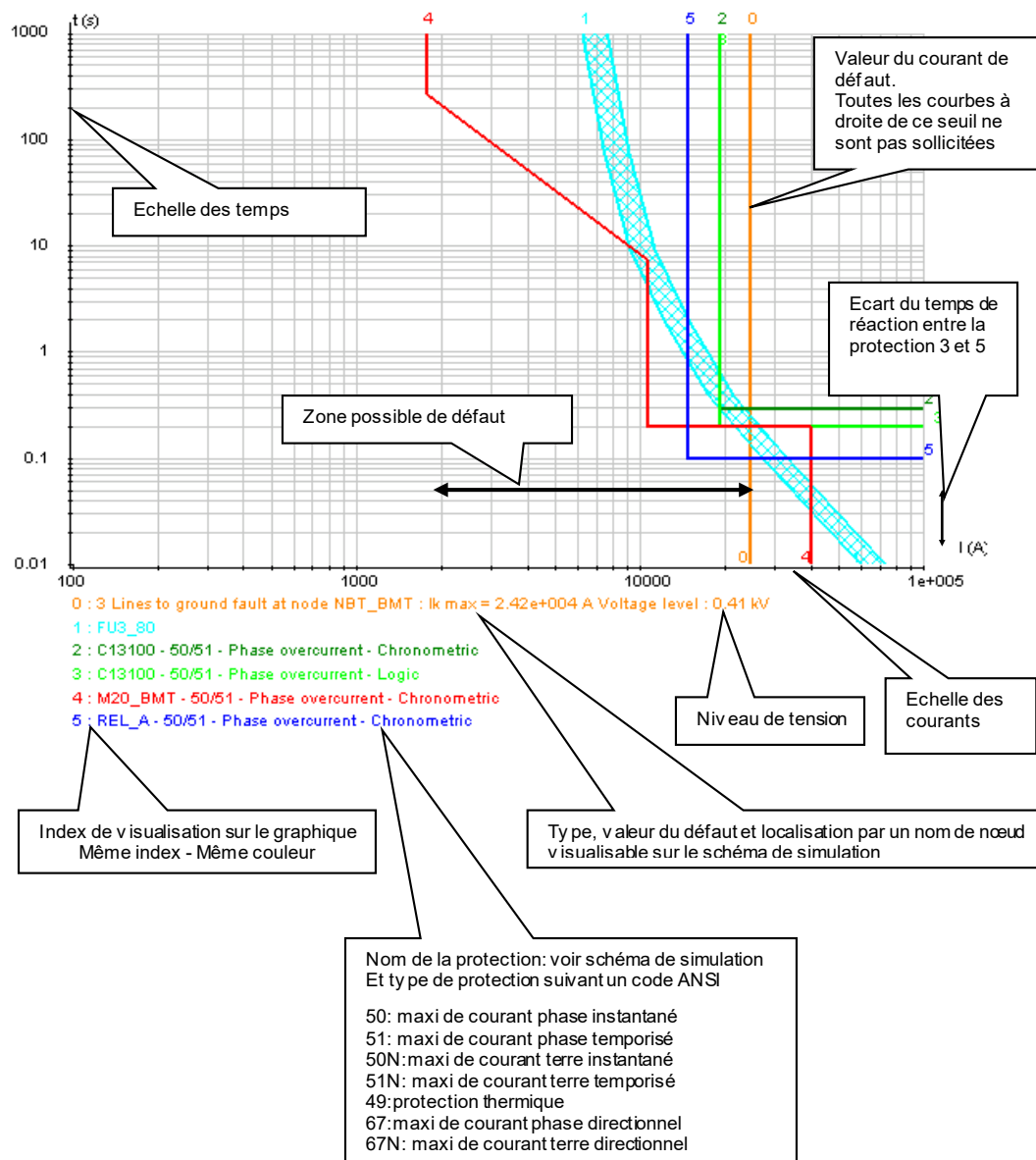
9.1 Comment lire un graphique temps/courant.

A partir de la modélisation du réseau, et des calculs de courant de court-circuit. Les défauts sont simulés à tous les points intéressants du réseau.

Les courants qui circulent dans les branches du réseau sollicitent les protections.

Pour vérifier la sélectivité des protections il suffit de vérifier que les courbes de réaction des protections sont suffisamment éloignées les unes des autres. Ces écarts sont visualisés sur un graphique.

Pour le défaut considéré Le déclenchement se fera par la protection 5 en 100ms et par la 4 en 200ms. Il reste une indétermination pour le fusible en raison de ses tolérances.

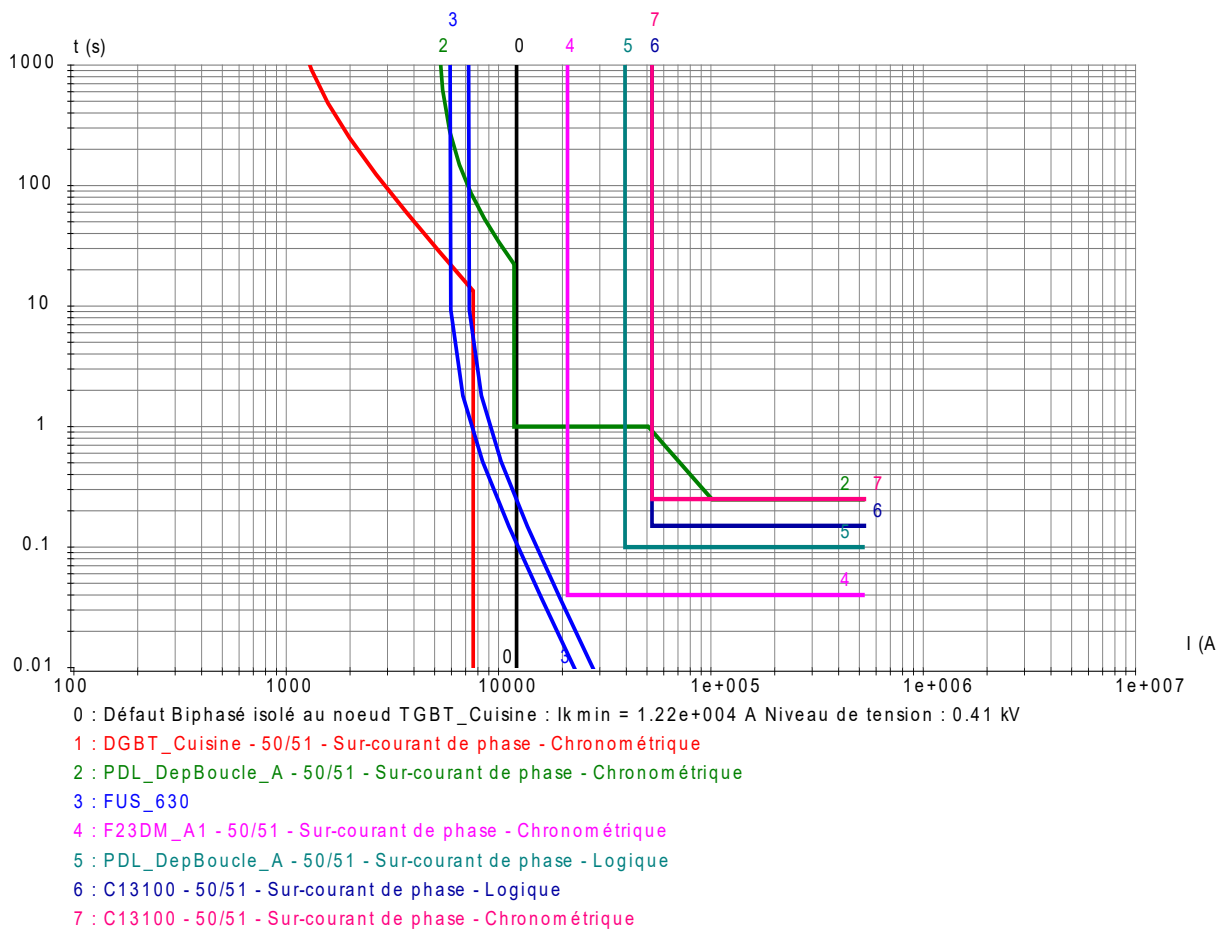




10 Courbes de Sélectivités – Défauts Phase/Phase - ENEDIS

10.1 Postes dans la Boucle

10.1.1 Défaut TGBT – Transformateur (Poste Cuisine)



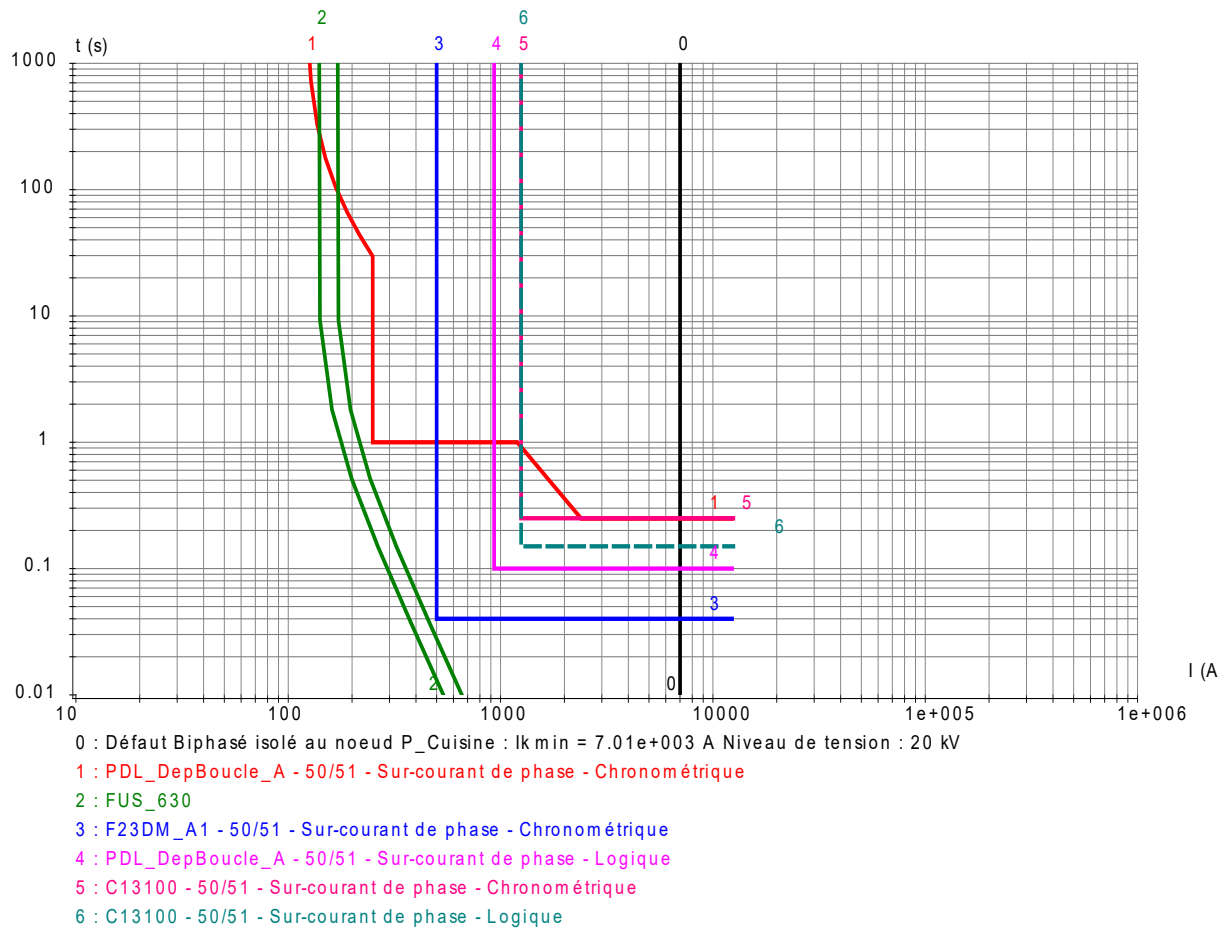
Défaut en aval du disjoncteur général BT du transformateur :

- ✓ **Tout défaut Phase/phase sera éliminé de manière sélective** par la protection générale BT dans un temps inférieur à 50ms (temps d'ouverture inclus).
- ✓ En secours de cette protection, la protection inter-fusible du départ transformateur éliminera le défaut dans un temps inférieur à 300 ms (conforme NFC15-100)

Défaut aval transformateur (amont DGBT) :

- ✓ **Tout défaut Phase/phase sera éliminé de manière sélective** par la protection inter-fusible du départ transformateur dans un temps inférieur à 300ms (temps d'ouverture inclus).
- ✓ En secours de cette protection, le disjoncteur départ de boucle éliminera le défaut dans un temps inférieur à 1.1 seconde

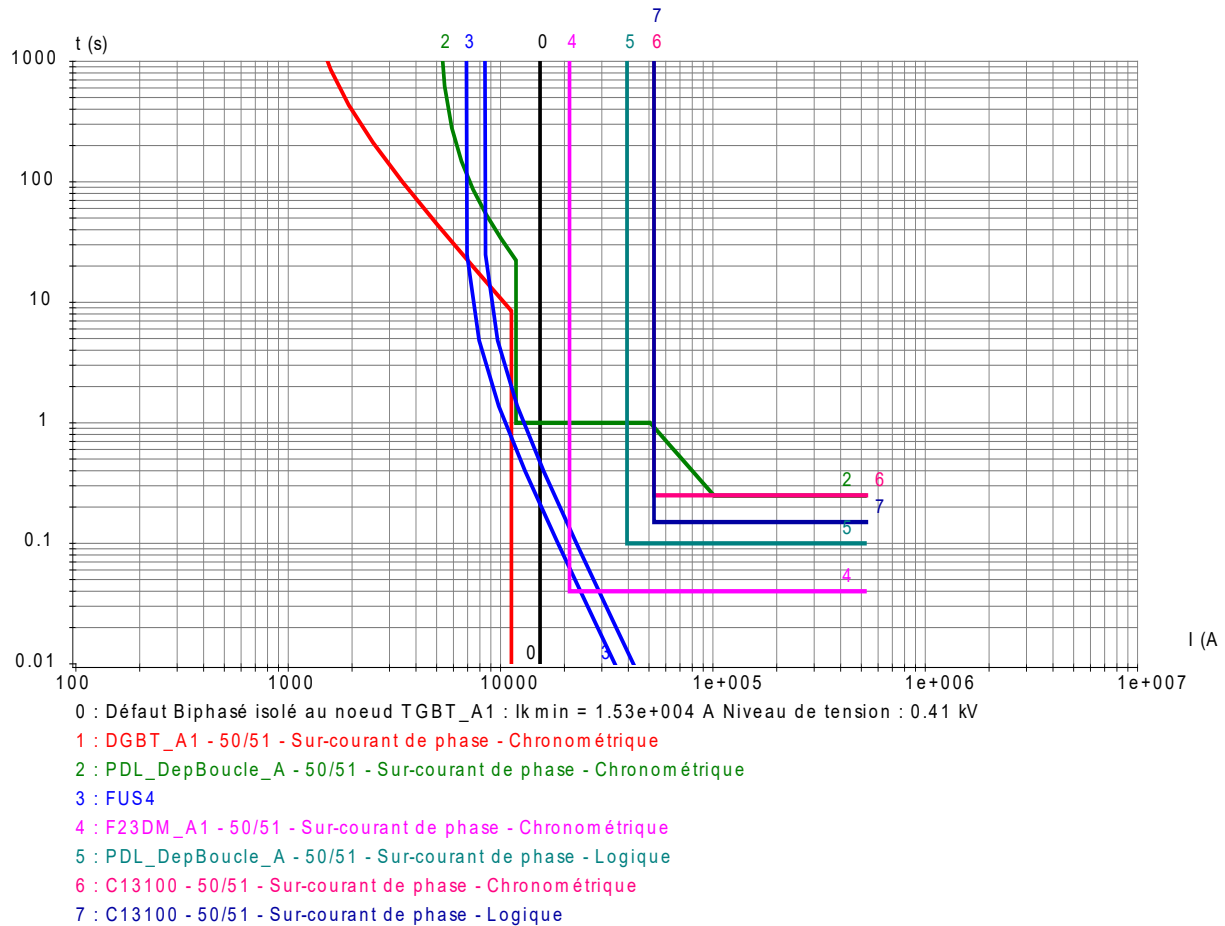
10.1.2 Défaut départ Transformateur (Poste Cuisine)



Défaut en aval du départ protection HTA du transformateur :

- ✓ **Tout défaut Phase/phase sera éliminé de manière sélective** par la protection inter-fusible du départ transformateur dans un temps inférieur à 50 ms (temps d'ouverture inclus).
- ✓ En secours de cette protection, le disjoncteur départ de boucle éliminera le défaut.

10.1.3 Défaut TGBT – Transformateur (Poste A ou GME)



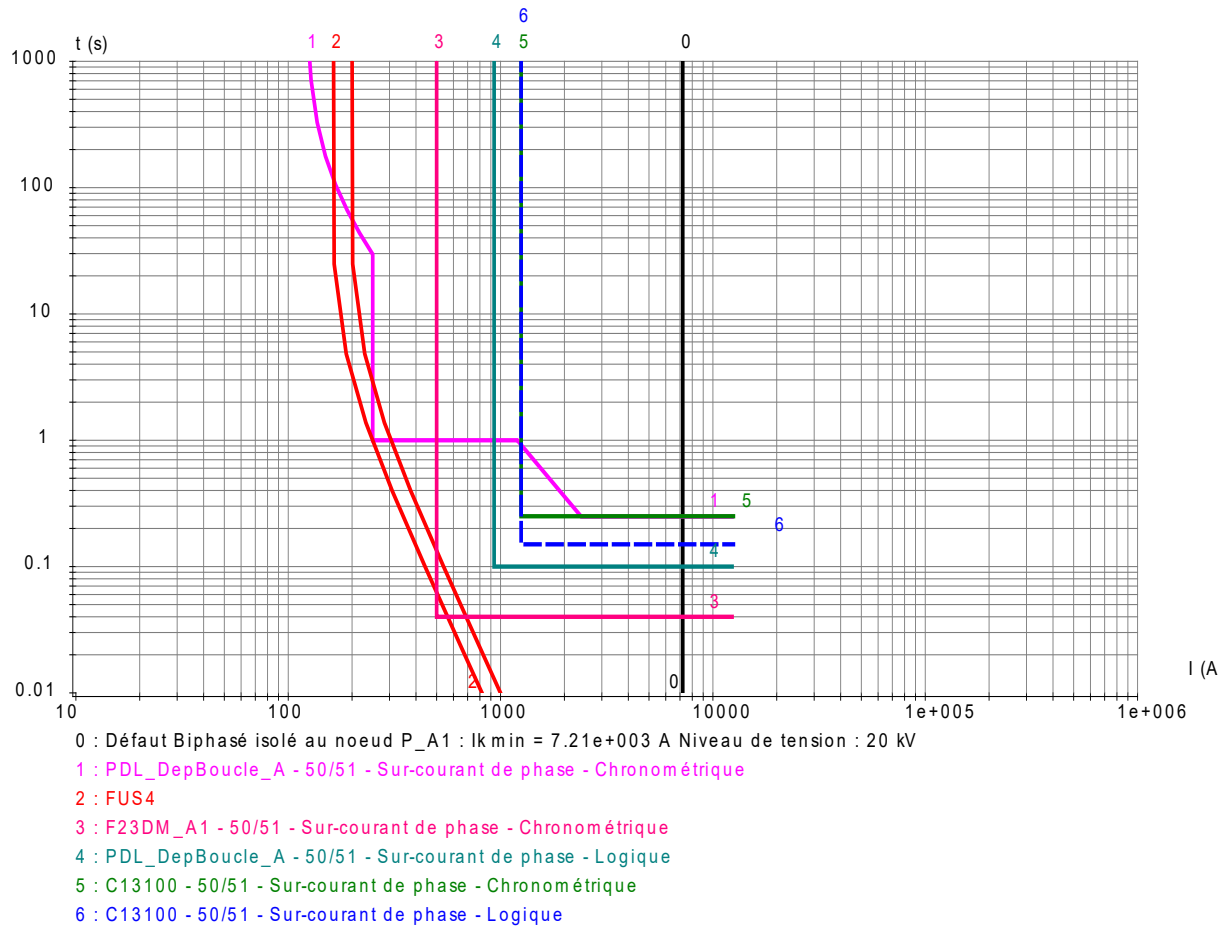
Défaut en aval du disjoncteur général BT du transformateur :

- ✓ **Tout défaut Phase/phase sera éliminé de manière sélective** par la protection générale BT dans un temps inférieur à 50ms (temps d'ouverture inclus).
- ✓ En secours de cette protection, la protection inter-fusible du départ transformateur éliminera le défaut dans un temps inférieur à 500 ms (conforme NFC15-100)

Défaut aval transformateur (amont DGBT) :

- ✓ **Tout défaut Phase/phase sera éliminé de manière sélective** par la protection inter-fusible du départ transformateur dans un temps inférieur à 500ms (temps d'ouverture inclus).
- ✓ En secours de cette protection, le disjoncteur départ de boucle éliminera le défaut dans un temps inférieur à 1.1 seconde

10.1.4 Défaut départ Transformateur (Poste A ou GME)

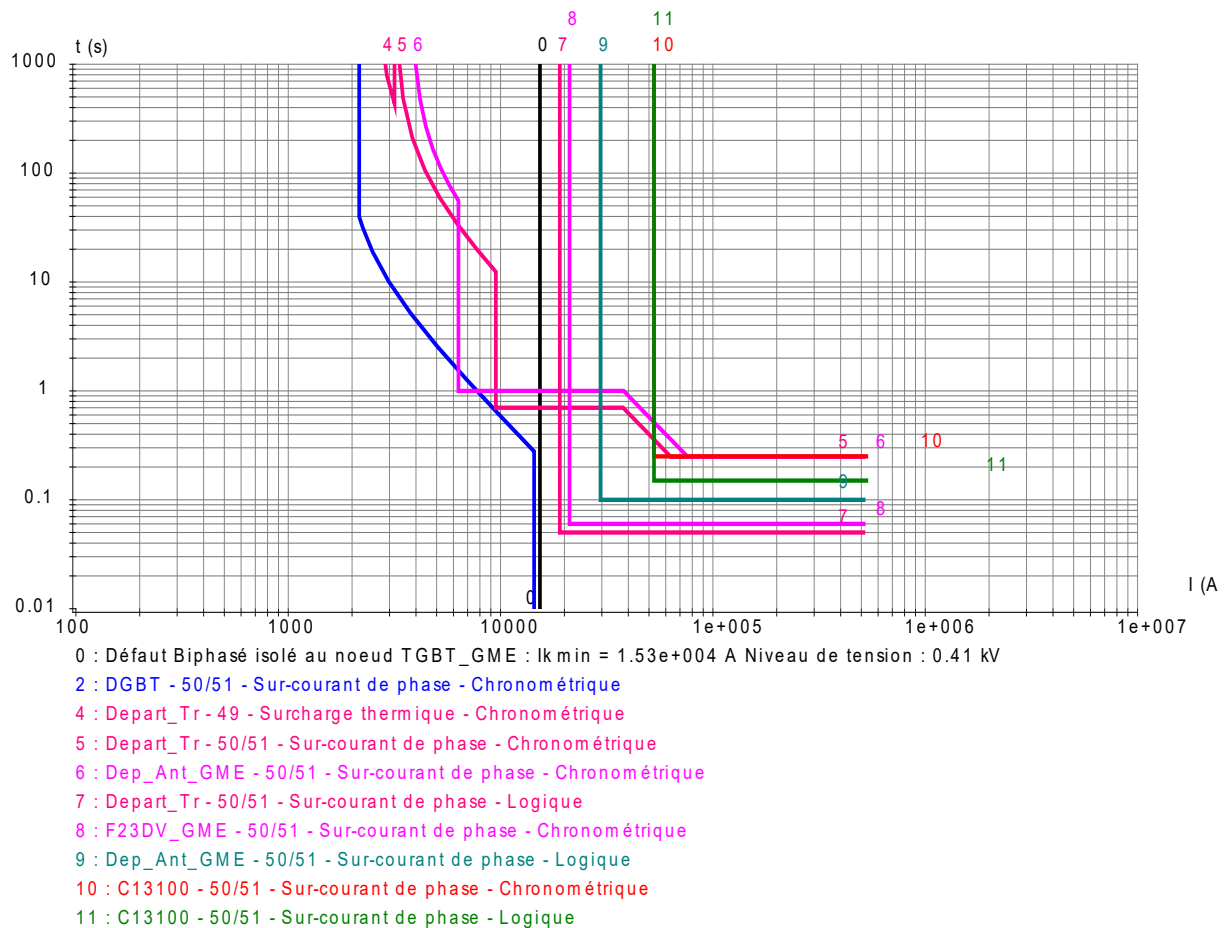


Défaut en aval du départ protection HTA du transformateur :

- ✓ **Tout défaut Phase/phase sera éliminé de manière sélective** par la protection inter-fusible du départ transformateur dans un temps inférieur à 50 ms (temps d'ouverture inclus).
- ✓ En secours de cette protection, le disjoncteur départ de boucle éliminera le défaut.

10.2 Poste A ou GME en Antenne

10.2.1 Défaut TGBT – Transformateur (Poste GME)



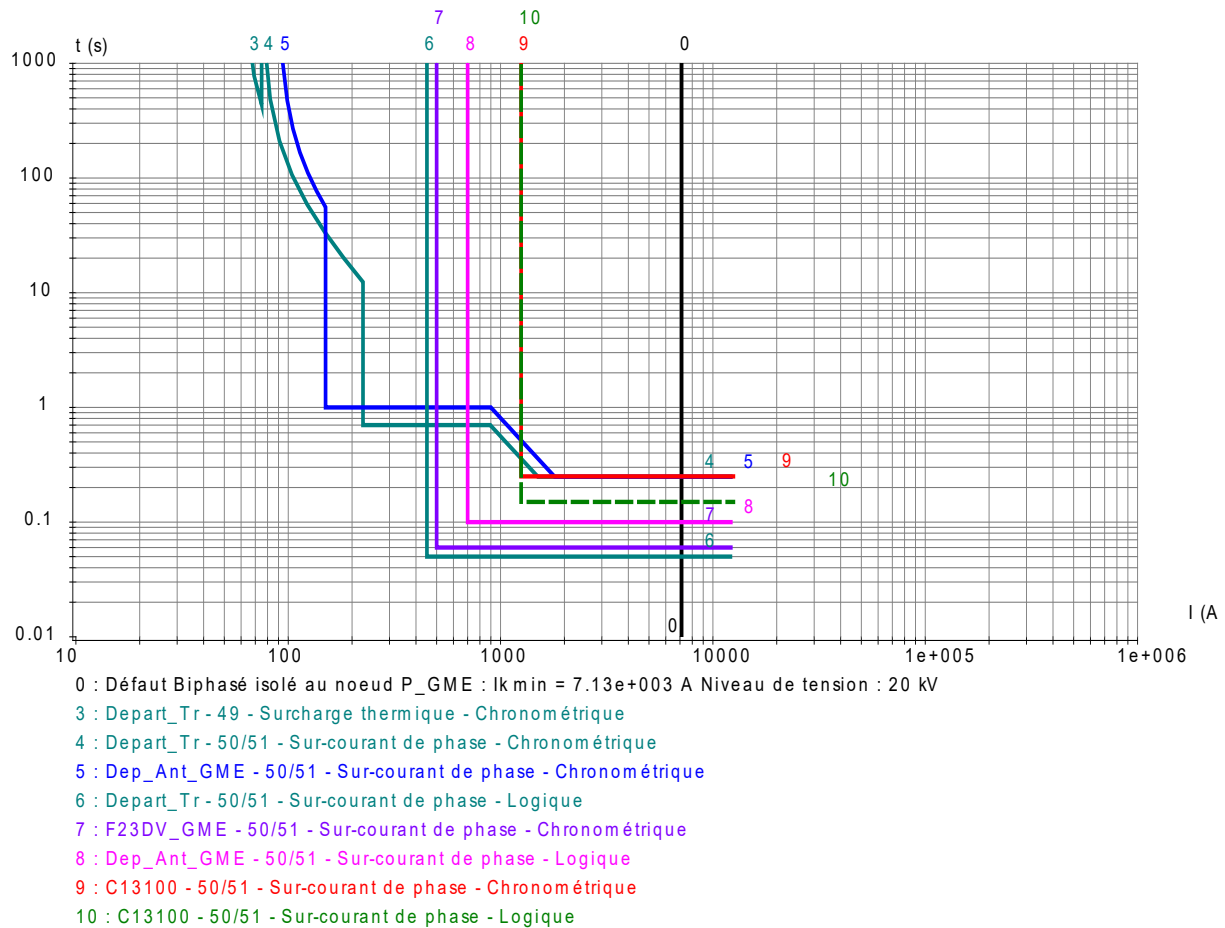
Défaut en aval du disjoncteur général BT du transformateur :

- ✓ Tout défaut Phase/phase sera éliminé de manière sélective par la protection générale BT dans un temps inférieur à 50ms (temps d'ouverture inclus).
- ✓ En secours de cette protection, la protection du départ transformateur éliminera le défaut dans un temps inférieur à 800 ms (conforme NFC15-100)

Défaut aval transformateur (amont DGBT) :

- ✓ Tout défaut Phase/phase sera éliminé de manière sélective par la protection du départ transformateur dans un temps inférieur à 800ms (temps d'ouverture inclus).
- ✓ En secours de cette protection, le disjoncteur départ de boucle éliminera le défaut dans un temps inférieur à 1.1 seconde

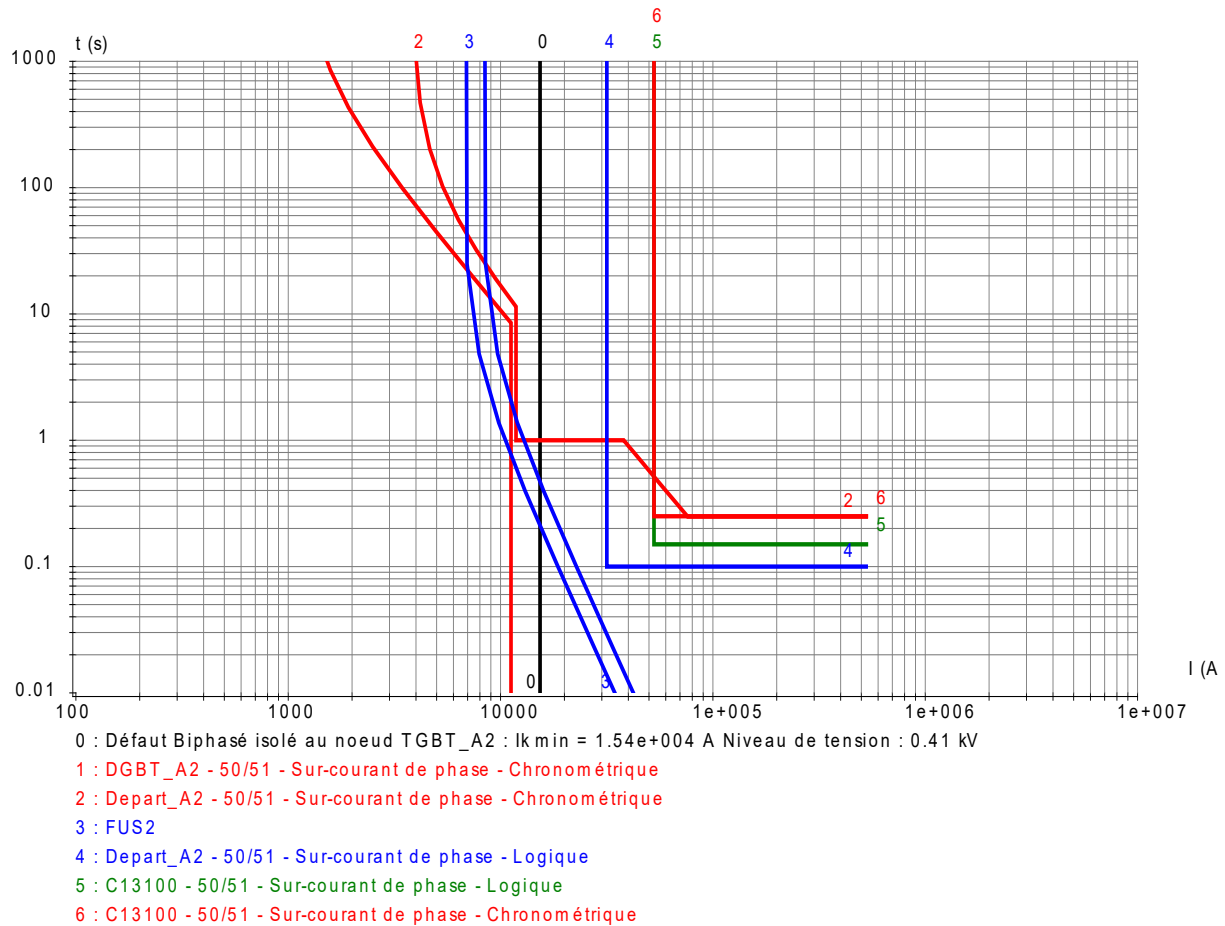
10.2.2 Défaut départ Transformateur (Poste GME)



Défaut en aval du départ protection HTA du transformateur :

- ✓ **Tout défaut Phase/phase sera éliminé de manière sélective** par la protection du départ transformateur dans un temps inférieur à 100 ms (temps d'ouverture inclus).
- ✓ En secours de cette protection, le disjoncteur départ de boucle éliminera le défaut.

10.2.3 Défaut TGBT – Transformateur (Poste A)



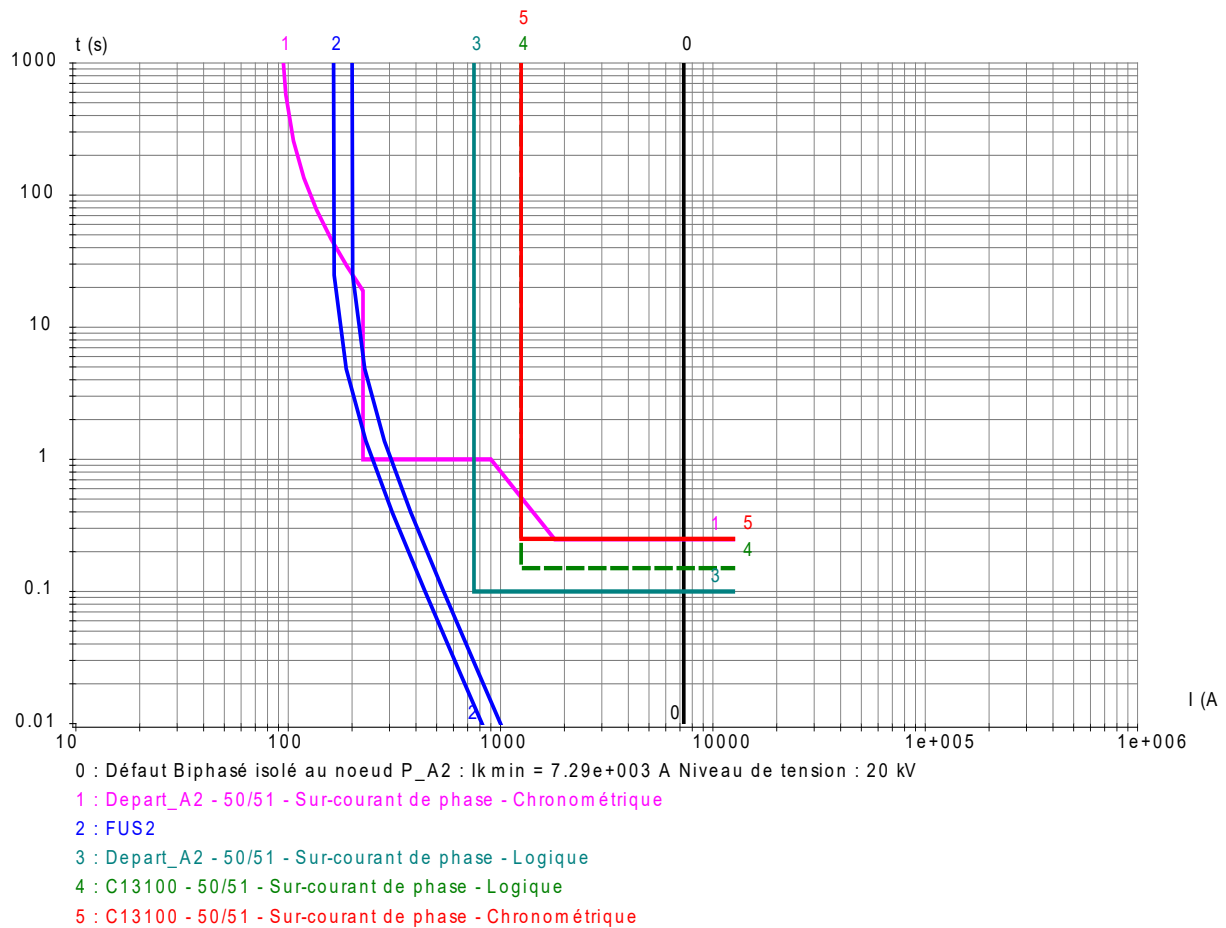
Défaut en aval du disjoncteur général BT du transformateur :

- ✓ **Tout défaut Phase/phase sera éliminé de manière sélective** par la protection générale BT dans un temps inférieur à 50ms (temps d'ouverture inclus).
- ✓ En secours de cette protection, la protection inter-fusible du départ transformateur éliminera le défaut dans un temps inférieur à 500 ms (conforme NFC15-100)

Défaut aval transformateur (amont DGBT) :

- ✓ **Tout défaut Phase/phase sera éliminé de manière sélective** par la protection inter-fusible du départ transformateur dans un temps inférieur à 500ms (temps d'ouverture inclus).
- ✓ En secours de cette protection, le disjoncteur départ de boucle éliminera le défaut dans un temps inférieur à 1.1 seconde

10.2.4 Défaut départ Transformateur (Poste A)

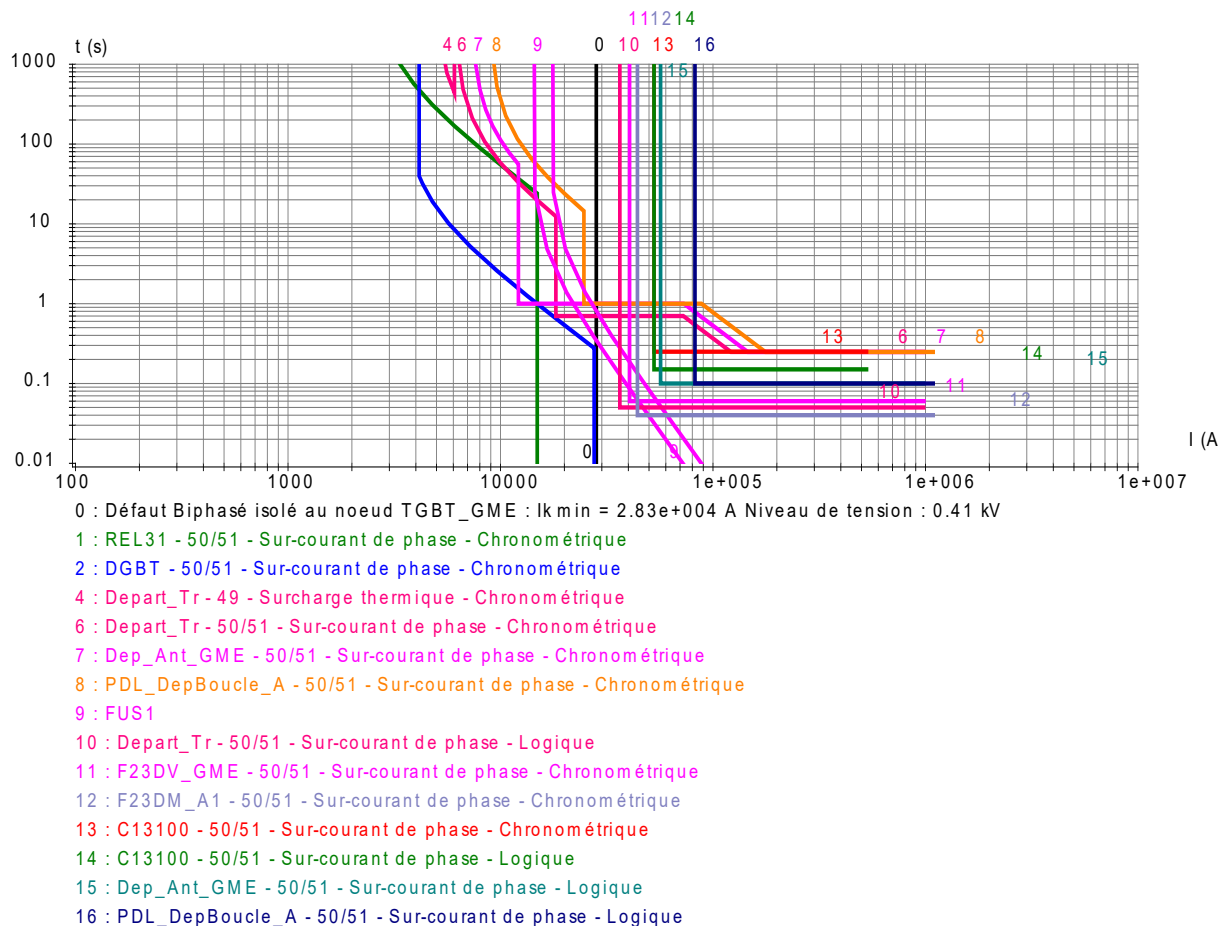


Défaut en aval du départ protection HTA du transformateur :

- ✓ **Tout défaut Phase/phase sera éliminé de manière sélective** par la protection inter-fusible du départ transformateur dans un temps inférieur à 50 ms (temps d'ouverture inclus).
- ✓ En secours de cette protection, le disjoncteur départ de boucle éliminera le défaut.

10.3 Poste A ou GME en Parallèle

10.3.1 Défaut TGBT – Transformateur (Poste GME)



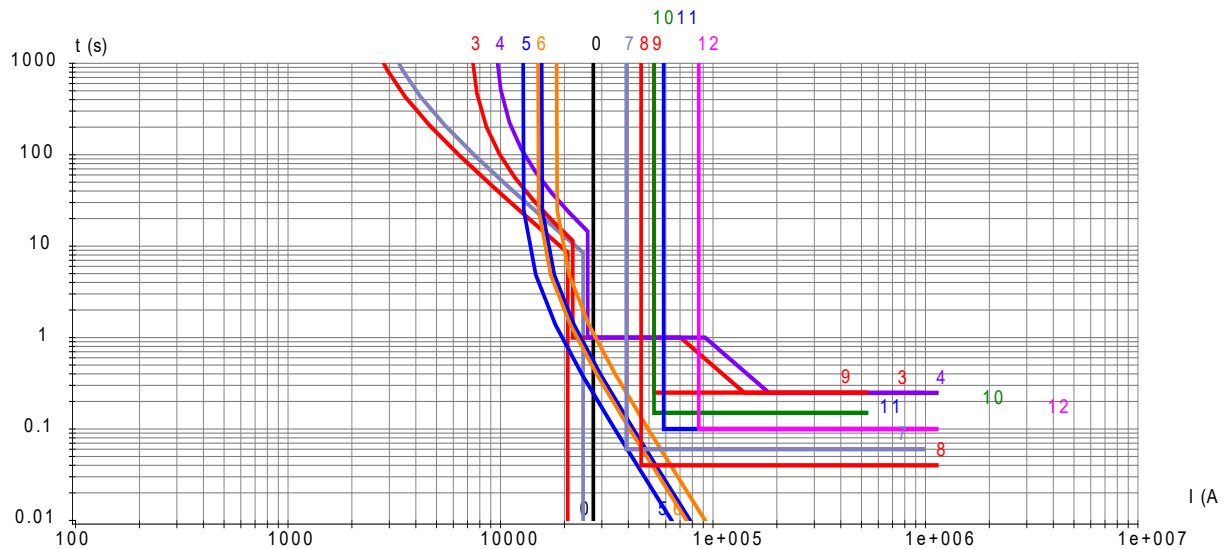
Défaut en aval du disjoncteur général BT du transformateur :

- ✓ **Tout défaut Phase/phase sera éliminé de manière sélective** par les 2 protections générale BT dans un temps inférieur à 100ms (temps d'ouverture inclus).
- ✗ De plus la protection départ de boucle ET la protection départ Transfo du poste en Antenne peuvent être sollicité en secours des DGBT.

Défaut aval transformateur (amont DGBT) :

- ✗ **Tout défaut Phase/phase sera éliminé de manière non sélective** par les 2 DGBT en lieu et place de la protection inter-fusible du départ transformateur, dans un temps inférieur à 100ms étant donné la mise en parallèle des transformateurs (temps d'ouverture inclus).
- ✗ De plus la protection départ de boucle ET la protection départ Transfo du poste en Antenne peuvent être sollicité en secours des DGBT.

10.3.2 Défaut TGBT – Transformateur (Poste A)



0 : Défaut Biphasé isolé au noeud TGBT_A2 : Ik min = 2.74e+004 A Niveau de tension : 0.41 kV

- 1 : DGBT_A2 - 50/51 - Sur-courant de phase - Chronométrique
- 2 : DGBT_A1 - 50/51 - Sur-courant de phase - Chronométrique
- 3 : Depart_A2 - 50/51 - Sur-courant de phase - Chronométrique
- 4 : PDL_DepBoucle_A - 50/51 - Sur-courant de phase - Chronométrique
- 5 : FUS2
- 6 : FUS4
- 7 : F23DV_A2 - 50/51 - Sur-courant de phase - Chronométrique
- 8 : F23DM_A1 - 50/51 - Sur-courant de phase - Chronométrique
- 9 : C13100 - 50/51 - Sur-courant de phase - Chronométrique
- 10 : C13100 - 50/51 - Sur-courant de phase - Logique
- 11 : Depart_A2 - 50/51 - Sur-courant de phase - Logique
- 12 : PDL_DepBoucle_A - 50/51 - Sur-courant de phase - Logique

Défaut en aval du disjoncteur général BT du transformateur :

- ✓ **Tout défaut Phase/phase sera éliminé de manière sélective** par les 2 protections générale BT dans un temps inférieur à 100ms (temps d'ouverture inclus).
- ✗ De plus la protection départ de boucle ET antenne peuvent être sollicité en secours des DGBT.

Défaut aval transformateur (amont DGBT) :

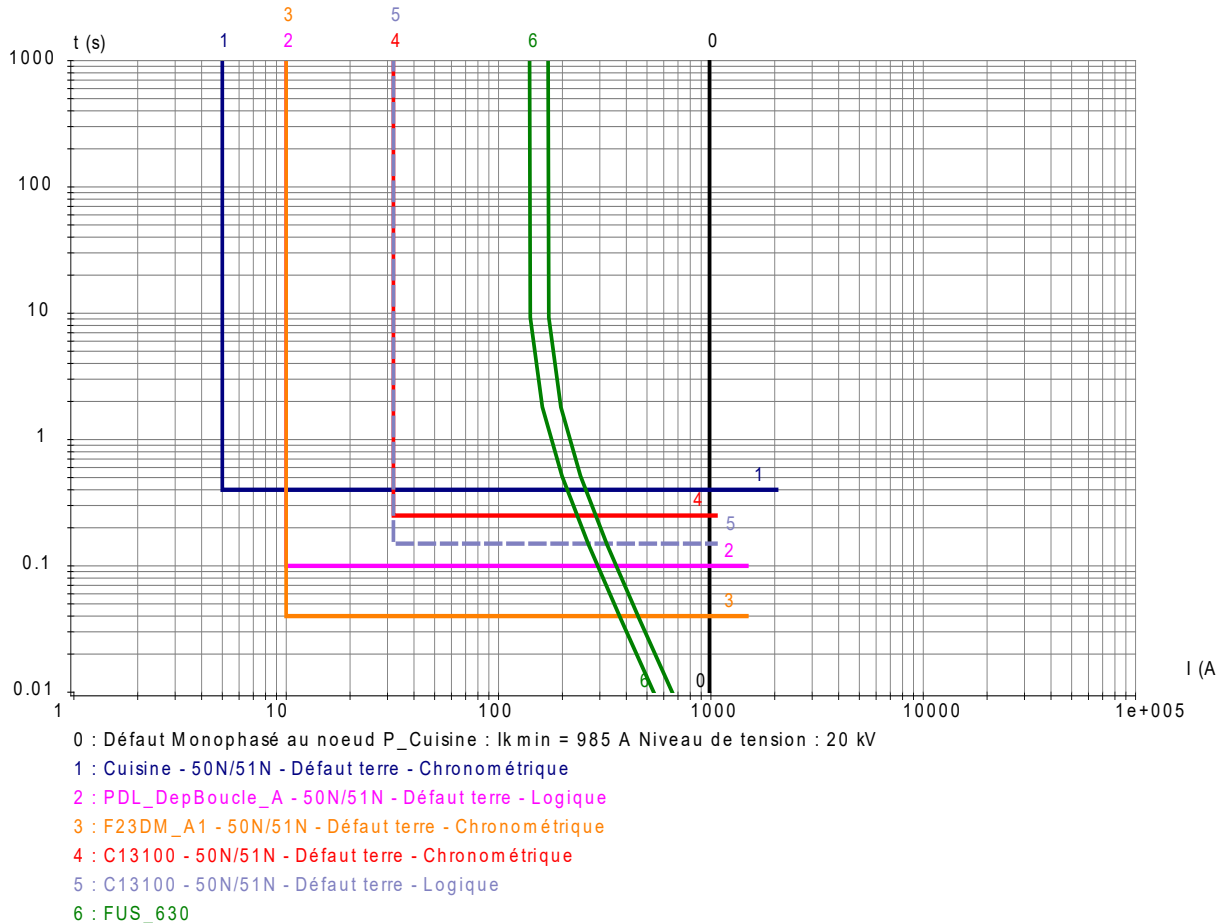
- ✗ **Tout défaut Phase/phase sera éliminé de manière non sélective** par les 2 DGBT en lieu et place de la protection inter-fusible du départ transformateur, dans un temps inférieur à 100ms étant donné la mise en parallèle des transformateurs (temps d'ouverture inclus).
- ✗ De plus la protection départ de boucle ET antenne peuvent être sollicité en secours des DGBT.



11 Courbes de Sélectivités – Défauts Phase/Terre - ENEDIS

11.1 Postes dans la boucle

11.1.1 Poste Cuisine

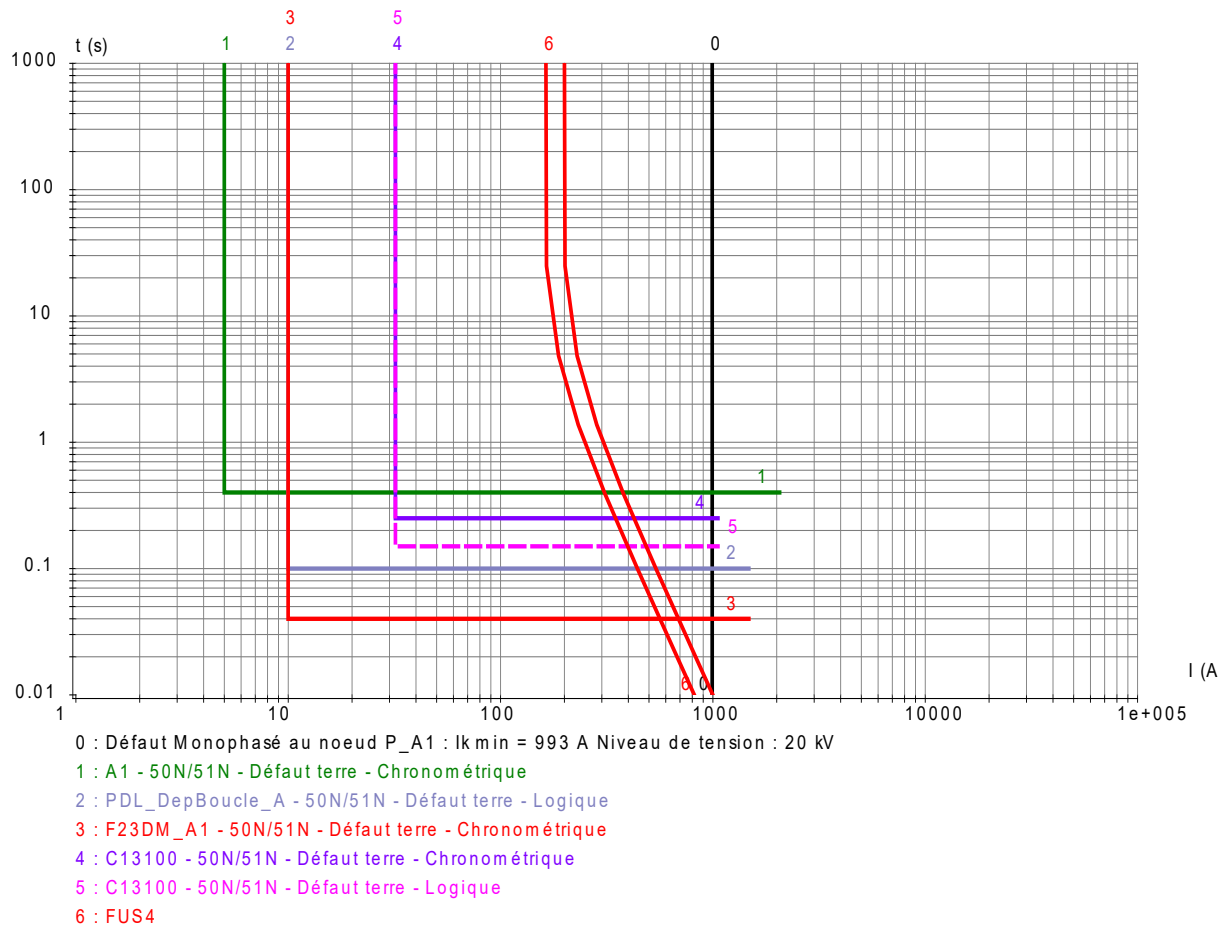


Défaut en aval du départ protection HTA du transformateur :

- ✓ **Tout défaut (franc*) entre Phase et Terre sur le primaire du transformateur sera éliminé de manière sélective** par la protection inter-fusible du départ transformateur dans un temps inférieur à 50 ms (temps d'ouverture inclus).

* Ce qui caractérise un défaut homopolaire franc ou impédant est la nature du défaut (de type direct à la terre, rupture d'isolement ou encore amorçage...). Cependant conformément à la CEI 60909, les calculs d'I_{cc} sont réalisés sur la base de défaut franc, ainsi nous considérons les défauts de type impédant comme entraînant un courant inférieur à 80% de l'I_{k1} calculé.

11.1.2 Poste Aou GME

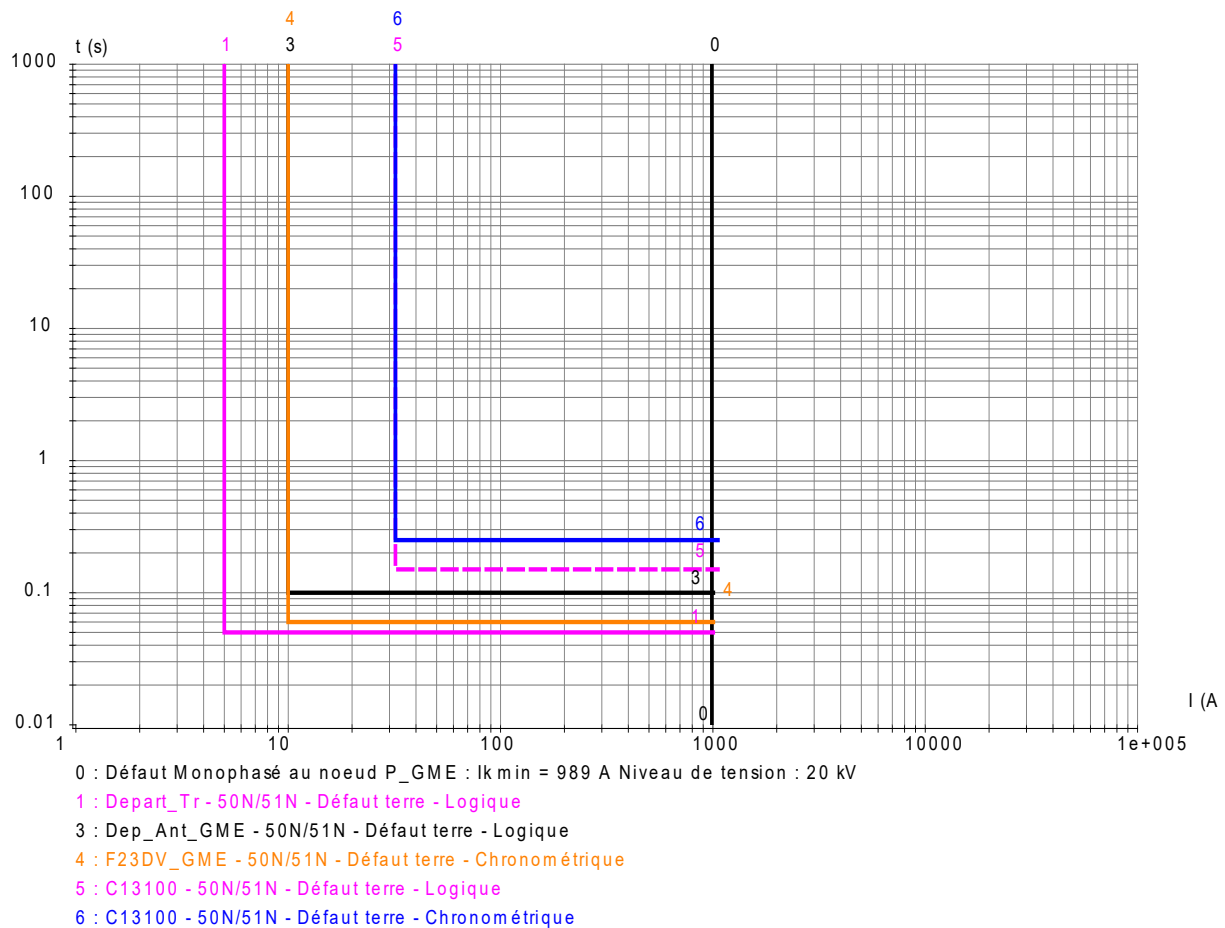
**Défaut en aval du départ protection HTA du transformateur :**

- ✓ **Tout défaut (franc*) entre Phase et Terre sur le primaire du transformateur sera éliminé de manière sélective** par la protection inter-fusible du départ transformateur dans un temps inférieur à 50 ms (temps d'ouverture inclus).

* Ce qui caractérise un défaut homopolaire franc ou impédant est la nature du défaut (de type direct à la terre, rupture d'isolement ou encore amorçage...). Cependant conformément à la CEI 60909, les calculs d'I_{cc} sont réalisés sur la base de défaut franc, ainsi nous considérons les défauts de type impédant comme entraînant un courant inférieur à 80% de l'I_{k1} calculé.

11.2 Poste A ou GME en Antenne

11.2.1 Poste GME

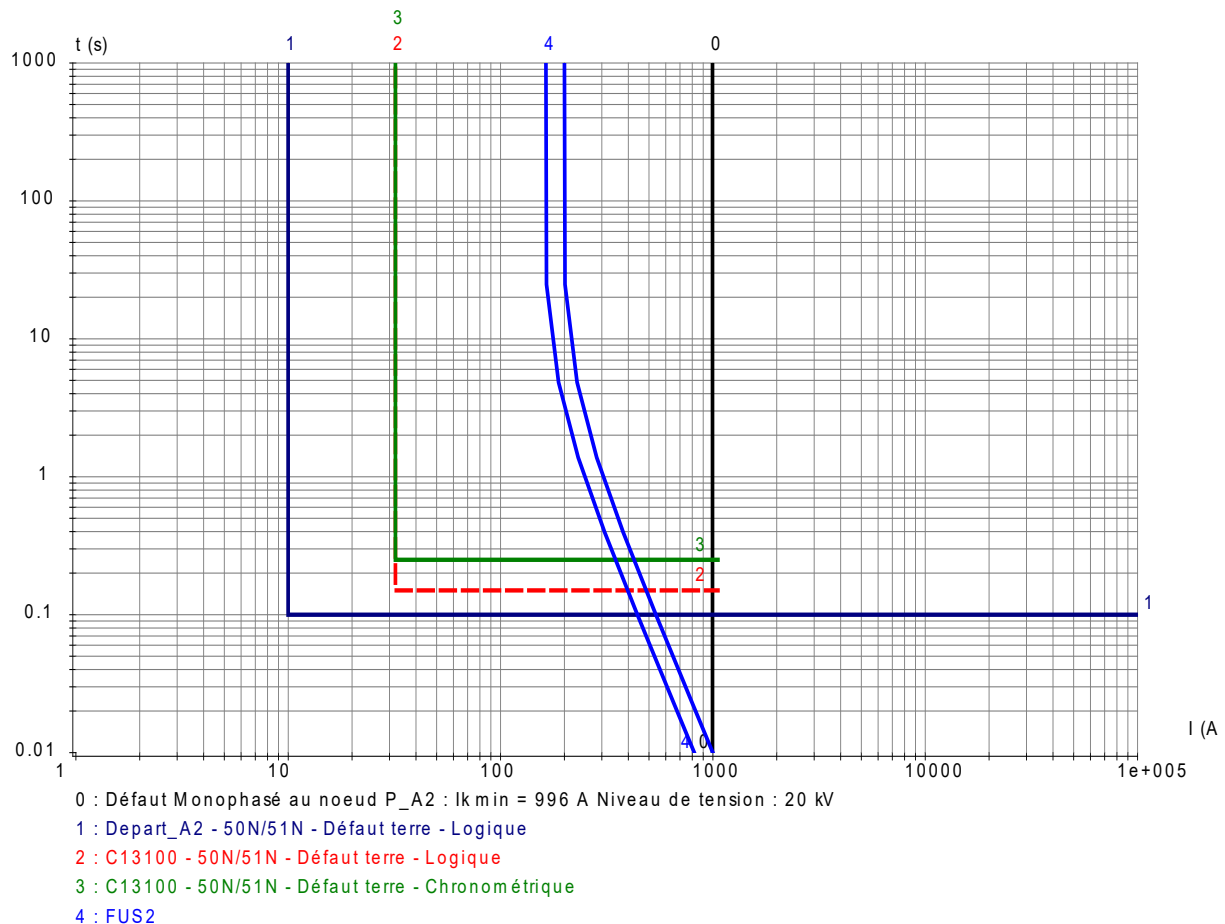


Défaut en aval du départ protection HTA du transformateur :

- ✓ Tout défaut (franc*) entre Phase et Terre sur le primaire du transformateur sera éliminé de manière sélective par la protection du départ transformateur dans un temps inférieur à 100 ms (temps d'ouverture inclus).

* Ce qui caractérise un défaut homopolaire franc ou impédant est la nature du défaut (de type direct à la terre, rupture d'isolement ou encore amorçage...). Cependant conformément à la CEI 60909, les calculs d'I_{cc} sont réalisés sur la base de défaut franc, ainsi nous considérons les défauts de type impédant comme entraînant un courant inférieur à 80% de l'I_{k1} calculé.

11.2.2 Poste A en Antenne

**Défaut en aval du départ protection HTA du transformateur :**

- ✓ **Tout défaut (franc*) entre Phase et Terre sur le primaire du transformateur sera éliminé de manière sélective** par la protection inter-fusible du départ transformateur dans un temps inférieur à 50 ms (temps d'ouverture inclus).

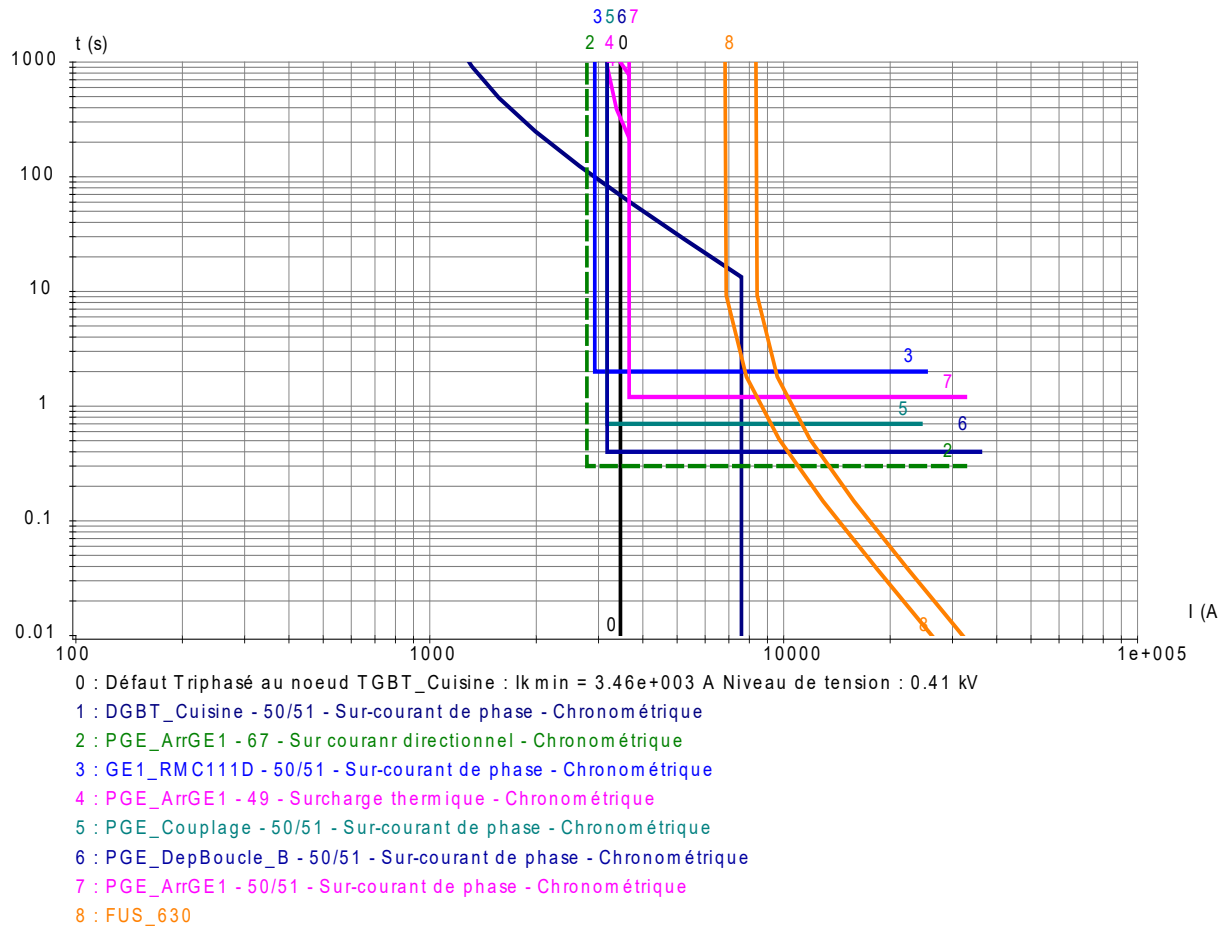
* Ce qui caractérise un défaut homopolaire franc ou impédant est la nature du défaut (de type direct à la terre, rupture d'isolement ou encore amorçage...). Cependant conformément à la CEI 60909, les calculs d'I_{cc} sont réalisés sur la base de défaut franc, ainsi nous considérons les défauts de type impédant comme entraînant un courant inférieur à 80% de l'I_{k1} calculé.



12 Courbes de Sélectivités – Défauts Phase/Phase - GE

12.1 Postes dans la boucle

12.1.1 Défaut TGBT – Transformateur (Cuisine)



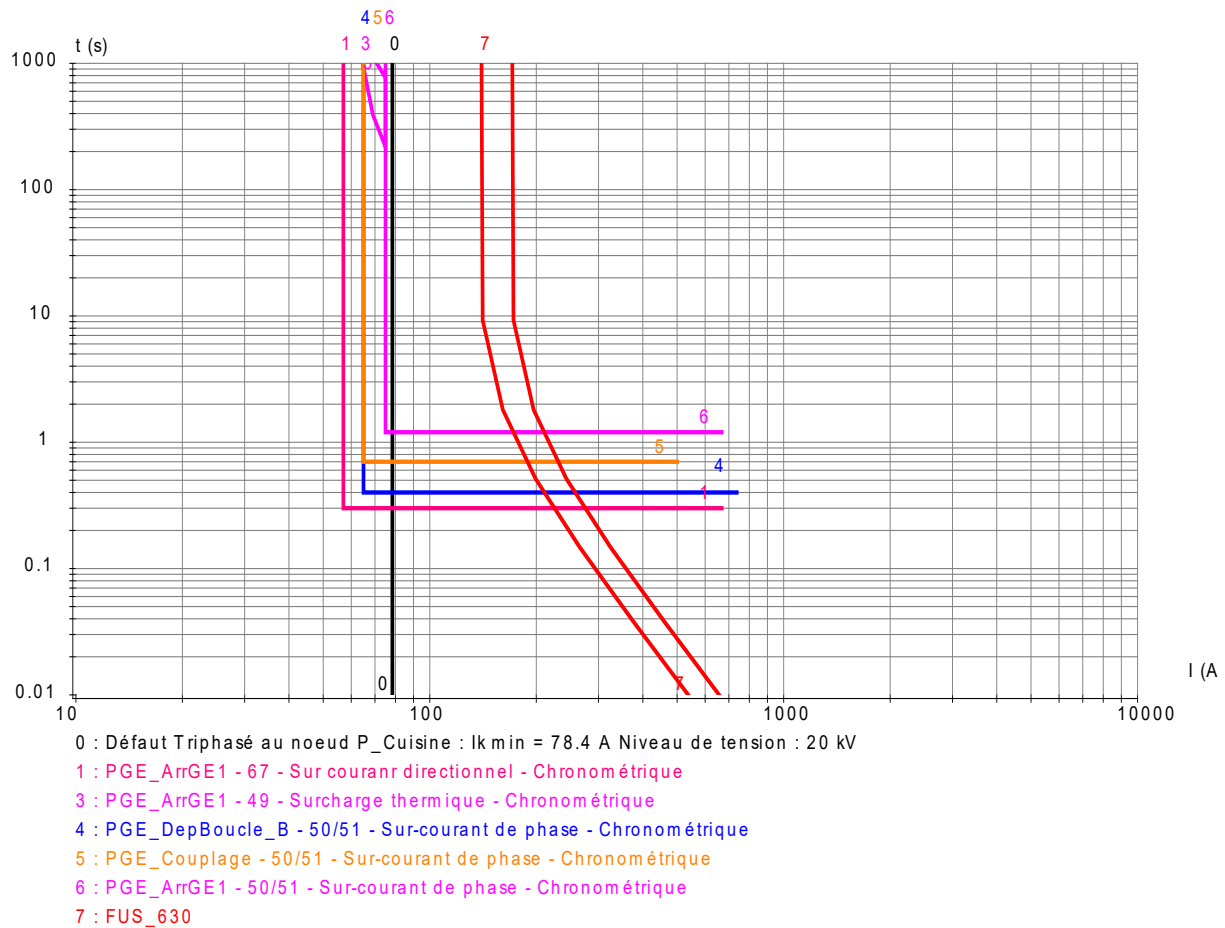
Défaut en aval du disjoncteur général BT du transformateur :

- ⚠ Il y a un risque de sélectivité partielle étant donné les zones d'actions communes entre la protection générale BT et la protection départ de boucle. Par conséquent, le défaut sera éliminé par la protection générale BT et/ou la protection départ de boucle dans un temps inférieur à 500ms (temps d'ouverture inclus).
- ✗ Les fusibles n'ont pas le pouvoir de coupure pour agir sur ce type de défaut. ($I_{cc} < I_{fusion}$)

Défaut aval transformateur (amont DGBT) :

- ✗ Les fusibles n'ont pas le pouvoir de coupure pour agir sur ce type de défaut. ($I_{cc} < I_{fusion}$)
- ✗ **Du fait de l'inaction des fusibles, il y a non sélectivité** de la protection inter-fusible, le défaut sera éliminé par la protection du départ de boucle dans un temps inférieur à 500ms (temps d'ouverture inclus).

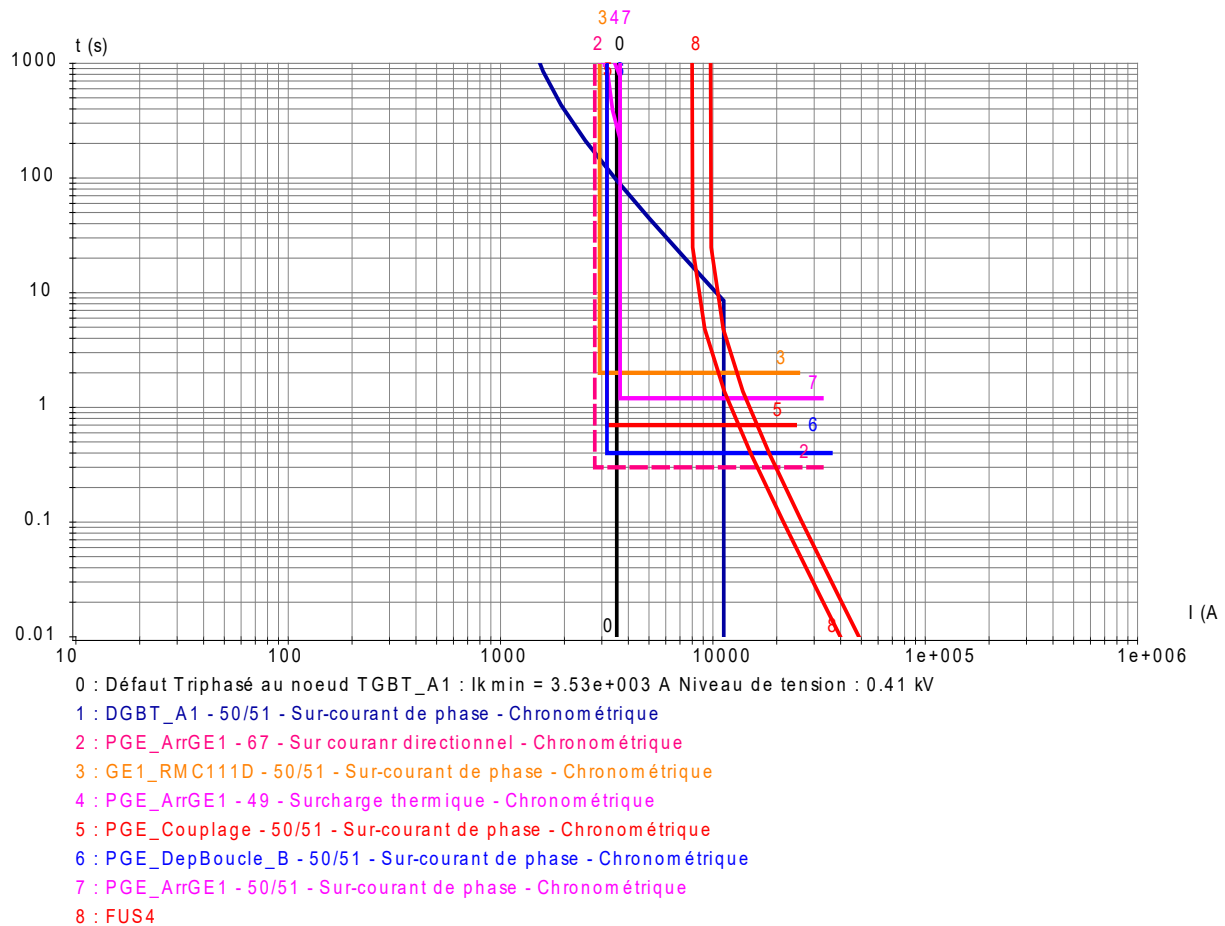
12.1.2 Défaut départ Transformateur (Cuisine)



Défaut en aval du départ protection HTA du transformateur :

- ✗ Les fusibles n'ont pas le pouvoir de coupure pour agir sur ce type de défaut. ($I_{cc} \ll I_{\text{fusion}}$)
- ✗ **Du fait de l'inaction des fusibles, il y a non sélectivité** de la protection inter-fusible, le défaut sera éliminé par la protection du départ de boucle dans un temps inférieur à 1.1 seconde (temps d'ouverture inclus).

12.1.3 Défaut TGBT – Transformateur (Poste A)



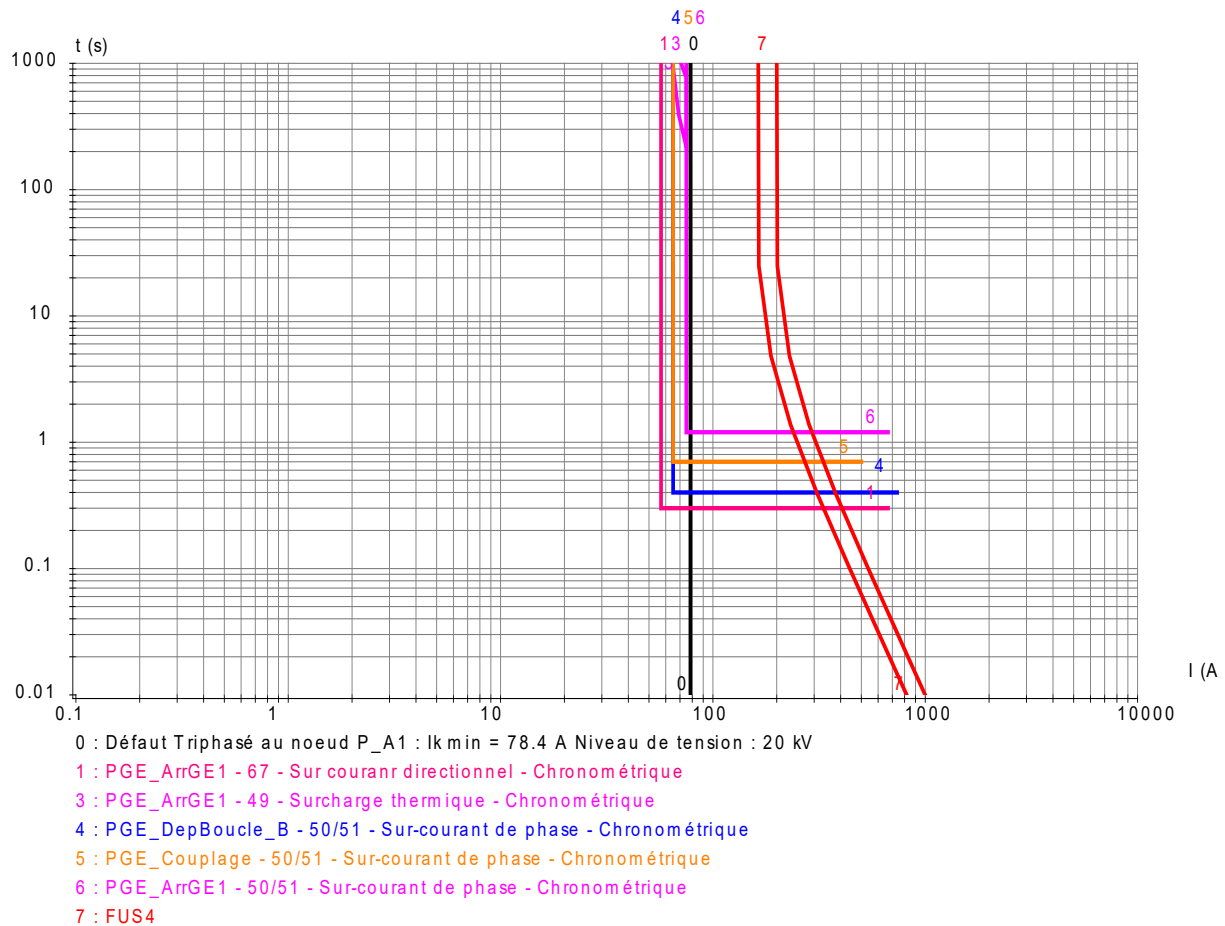
Défaut en aval du disjoncteur général BT du transformateur :

- ⚠ Il y a un risque de sélectivité partielle étant donné les zones d'actions communes entre la protection générale BT et la protection départ de boucle. Par conséquent, le défaut sera éliminé par la protection générale BT et/ou la protection départ de boucle dans un temps inférieur à 500ms (temps d'ouverture inclus).
- ✗ Les fusibles n'ont pas le pouvoir de coupure pour agir sur ce type de défaut. ($I_{cc} \ll I_{fusion}$)

Défaut aval transformateur (amont DGBT) :

- ✗ Les fusibles n'ont pas le pouvoir de coupure pour agir sur ce type de défaut. ($I_{cc} \ll I_{fusion}$)
- ✗ **Du fait de l'inaction des fusibles, il y a non sélectivité** de la protection inter-fusible, le défaut sera éliminé par la protection du départ de boucle dans un temps inférieur à 500ms (temps d'ouverture inclus).

12.1.4 Défaut départ Transformateur (Poste A)

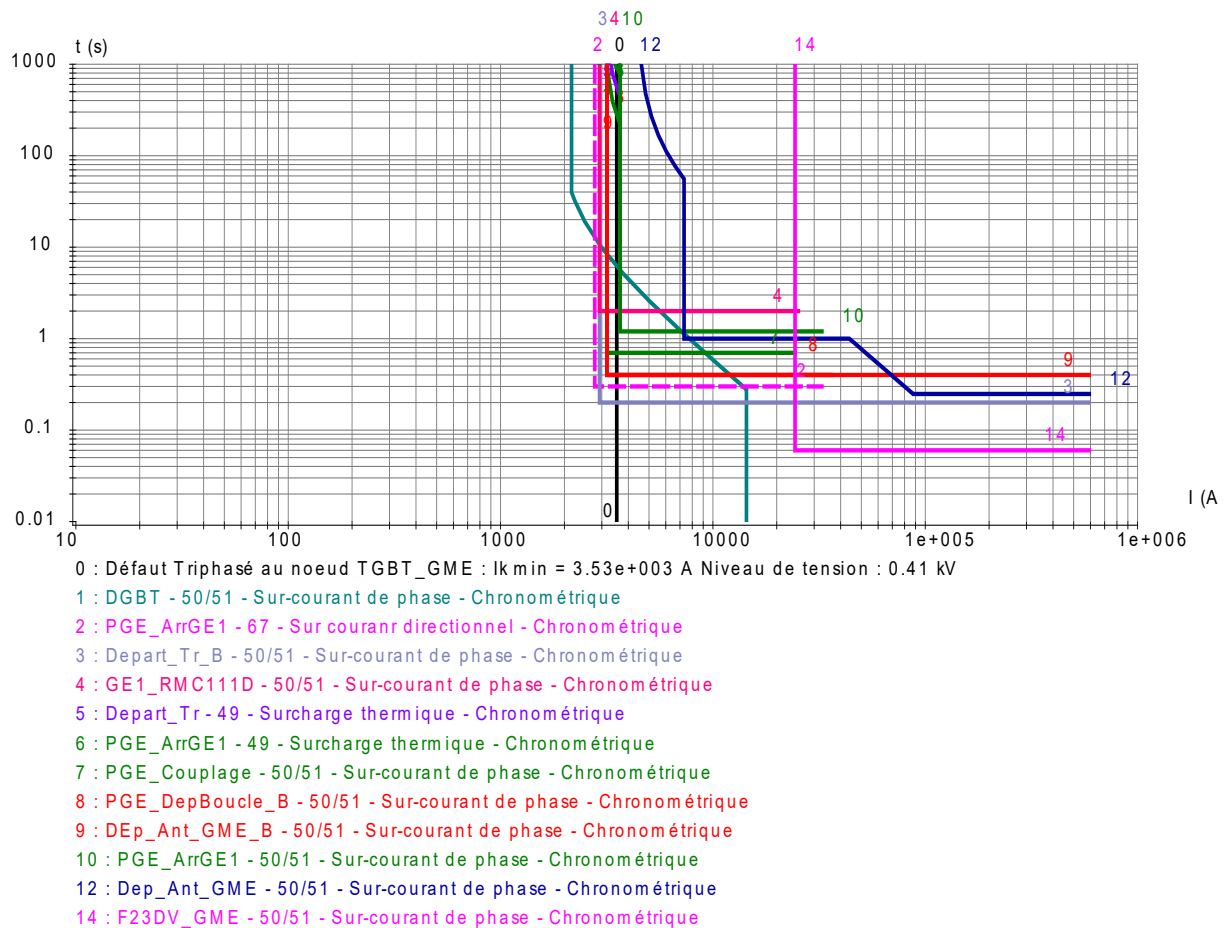


Défaut en aval du départ protection HTA du transformateur :

- ✗ Les fusibles n'ont pas le pouvoir de coupure pour agir sur ce type de défaut. ($I_{cc} \ll I_{\text{fusion}}$)
- ✗ **Du fait de l'inaction des fusibles, il y a non sélectivité** de la protection inter-fusible, le défaut sera éliminé par la protection du départ de boucle dans un temps inférieur à 1.1 seconde (temps d'ouverture inclus).

12.2 Poste A ou GME en antenne

12.2.1 Défaut TGBT – Transformateur



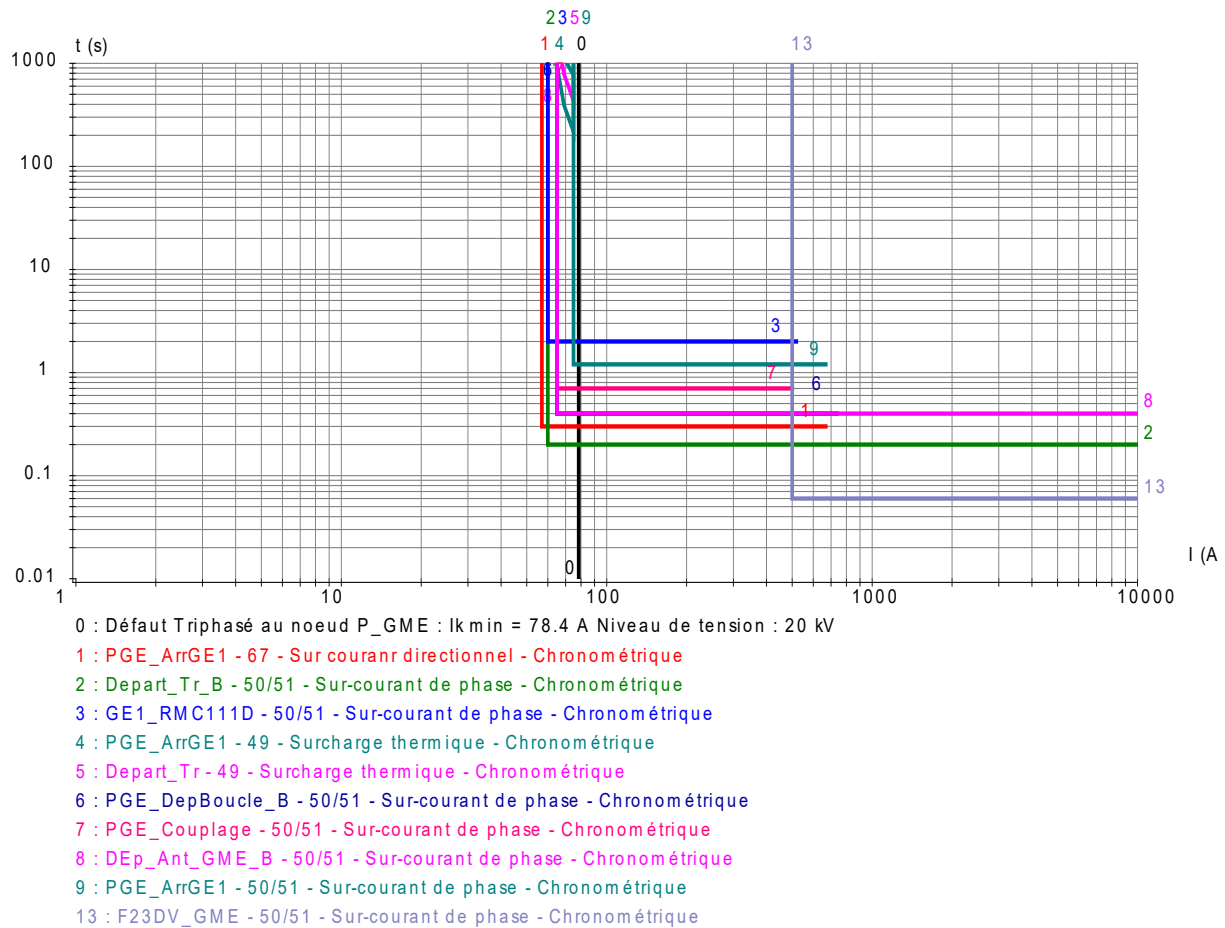
Défaut en aval du disjoncteur général BT du transformateur :

- ✗ **Tout défaut Phase/phase sera éliminé de manière non sélective** par la protection départ transformateur en lieu et place de la protection du DGBT. Le défaut sera éliminé dans un temps inférieur à 250ms (temps d'ouverture inclus).

Défaut aval transformateur (amont DGBT) :

- ✓ **Tout défaut Phase/phase sera éliminé de manière sélective** par la protection du départ transformateur dans un temps inférieur à 250 ms (temps d'ouverture inclus).
- ✓ En secours de cette protection, le disjoncteur départ de boucle éliminera le défaut.

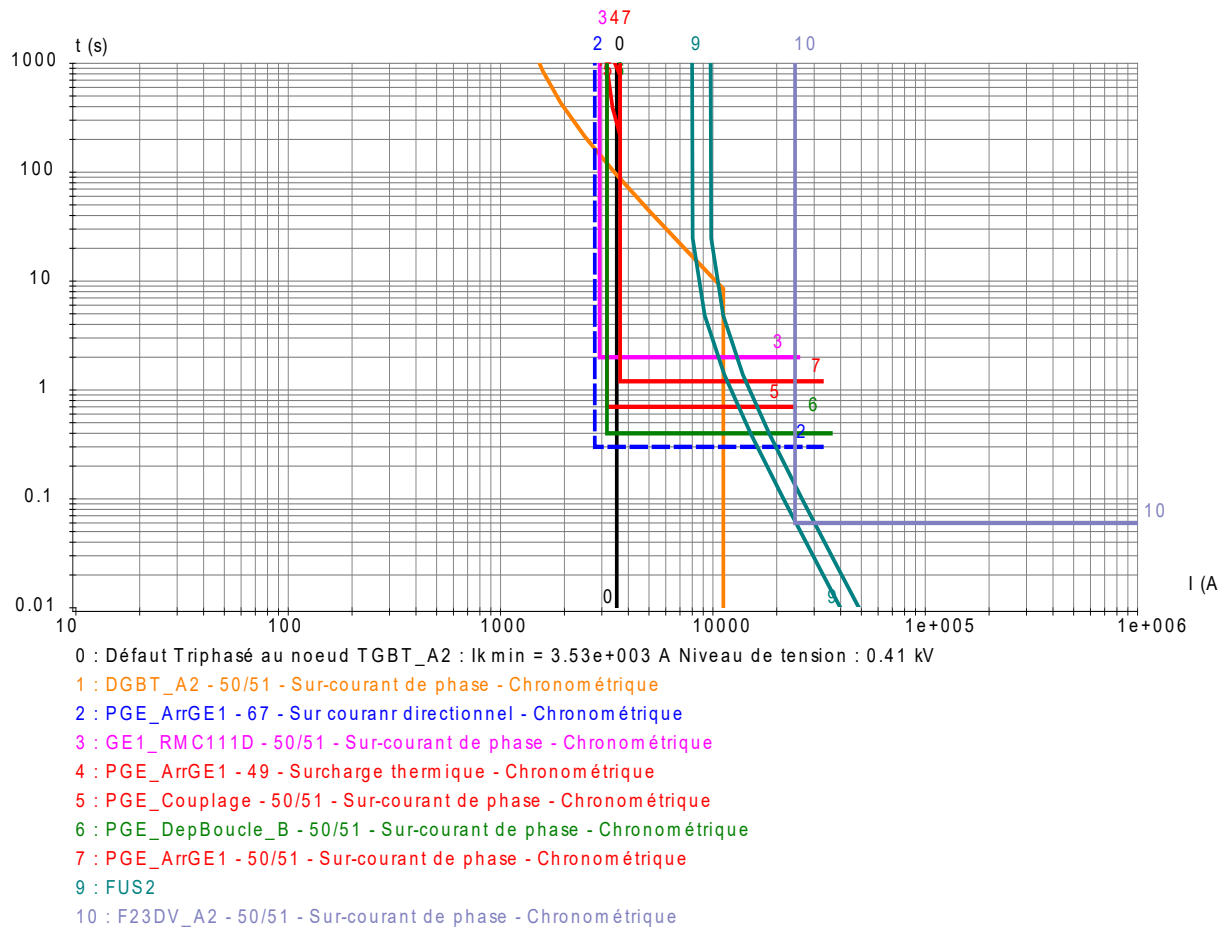
12.2.2 Défaut départ Transformateur



Défaut en aval du départ protection HTA du transformateur :

- ✓ **Tout défaut Phase/phase sera éliminé de manière sélective** par la protection du départ transformateur dans un temps inférieur à 250 ms (temps d'ouverture inclus).
- ✓ En secours de cette protection, le disjoncteur départ de boucle éliminera le défaut.

12.2.3 Défaut TGBT – Transformateur (Poste A2)



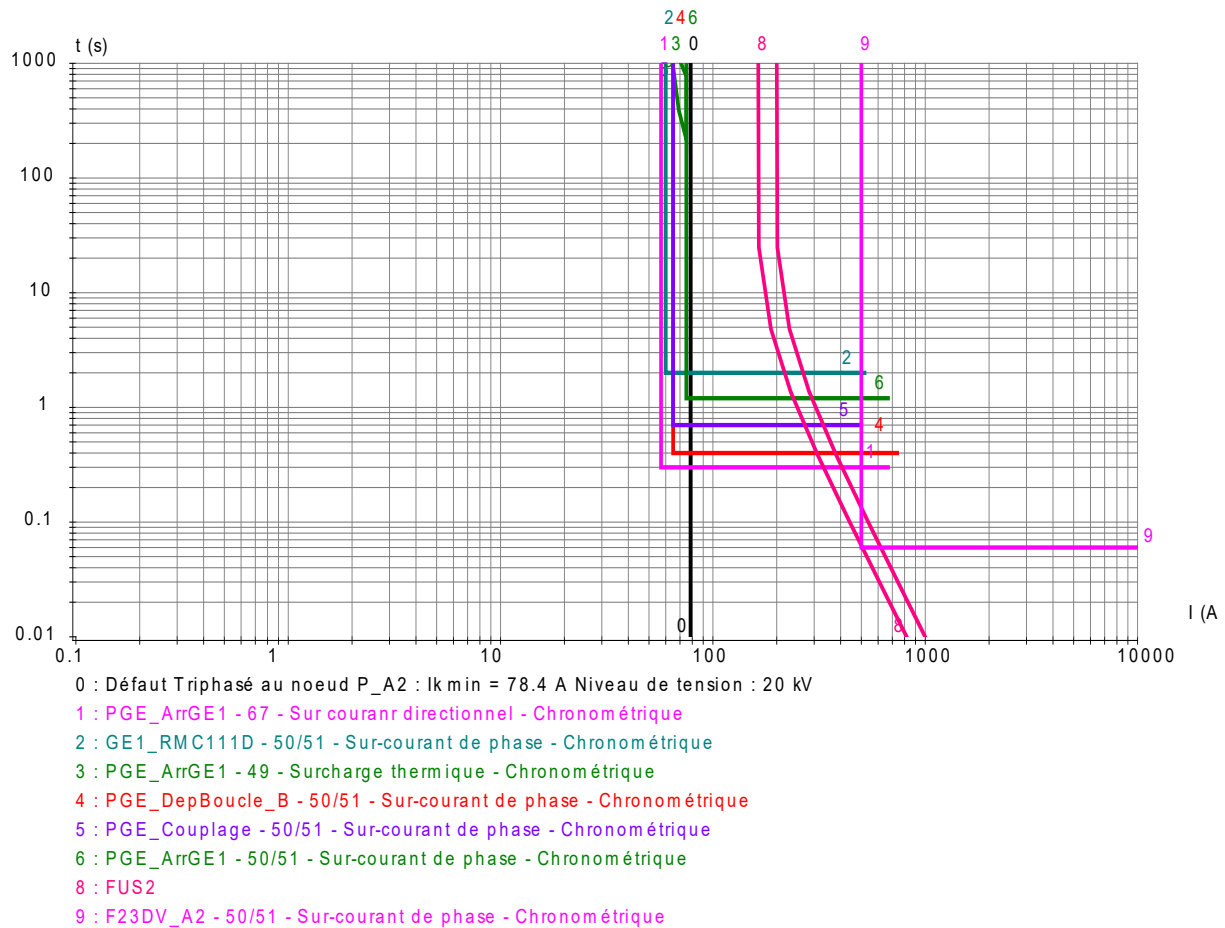
Défaut en aval du disjoncteur général BT du transformateur :

- ⚠ Il y a un risque de sélectivité partielle étant donné les zones d'actions communes entre la protection générale BT et la protection départ de boucle. Par conséquent, le défaut sera éliminé par la protection générale BT et/ou la protection départ de boucle dans un temps inférieur à 500ms (temps d'ouverture inclus).
- ✗ Les fusibles n'ont pas le pouvoir de coupure pour agir sur ce type de défaut. ($I_{cc} \ll I_{fusion}$)

Défaut aval transformateur (amont DGBT) :

- ✗ Les fusibles n'ont pas le pouvoir de coupure pour agir sur ce type de défaut. ($I_{cc} \ll I_{fusion}$)
- ✗ **Du fait de l'inaction des fusibles, il y a non sélectivité** de la protection inter-fusible, le défaut sera éliminé par la protection du départ de boucle dans un temps inférieur à 500ms (temps d'ouverture inclus).

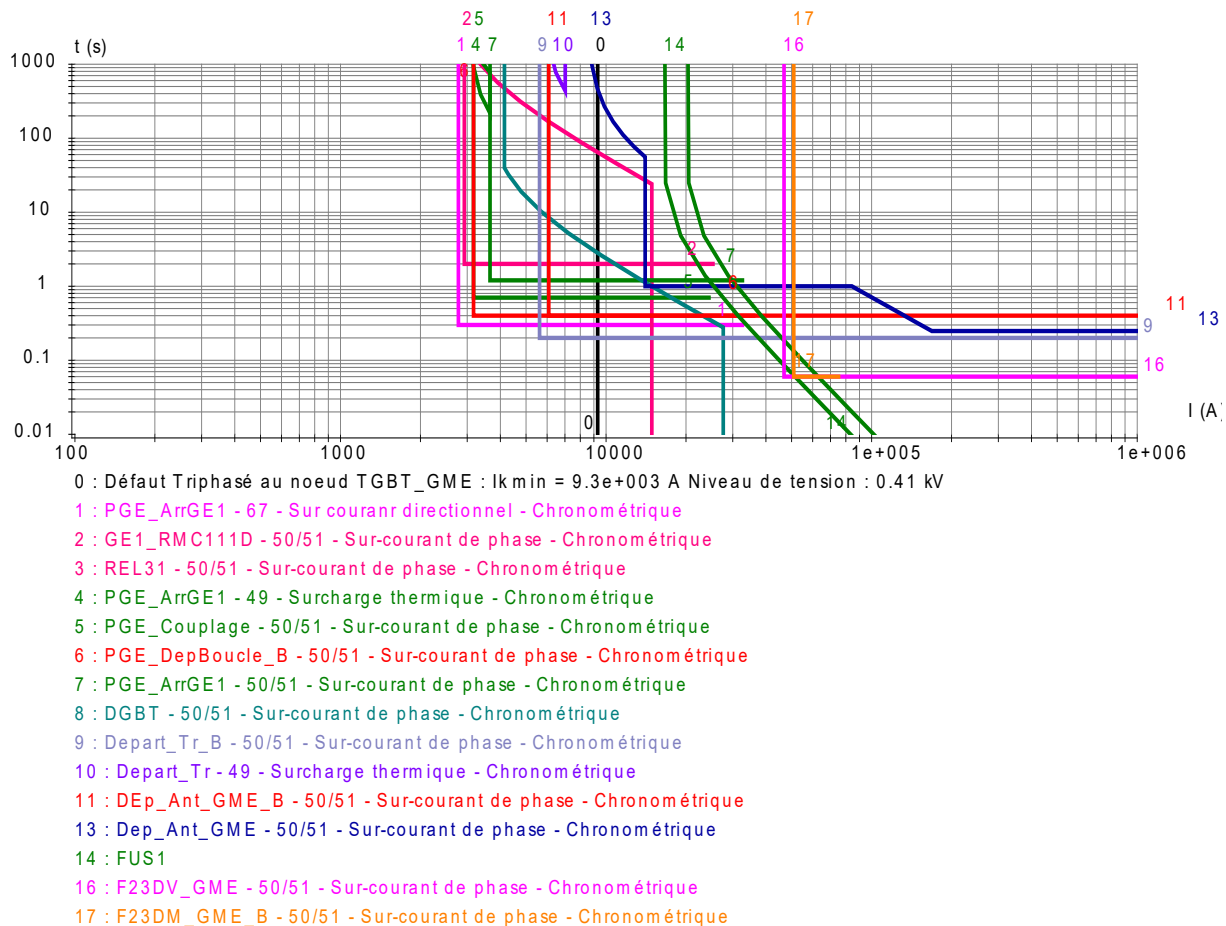
12.2.4 Défaut départ Transformateur (Poste A2)

**Défaut en aval du départ protection HTA du transformateur :**

- ✗ Les fusibles n'ont pas le pouvoir de coupure pour agir sur ce type de défaut. ($I_{cc} \ll I_{\text{fusion}}$)
- ✗ **Du fait de l'inaction des fusibles, il y a non sélectivité** de la protection inter-fusible, le défaut sera éliminé par la protection du départ de boucle dans un temps inférieur à 500ms (temps d'ouverture inclus).

12.3 Poste A ou GME en Parallèle

12.3.1 Défaut TGBT – Transformateur (Poste GME)



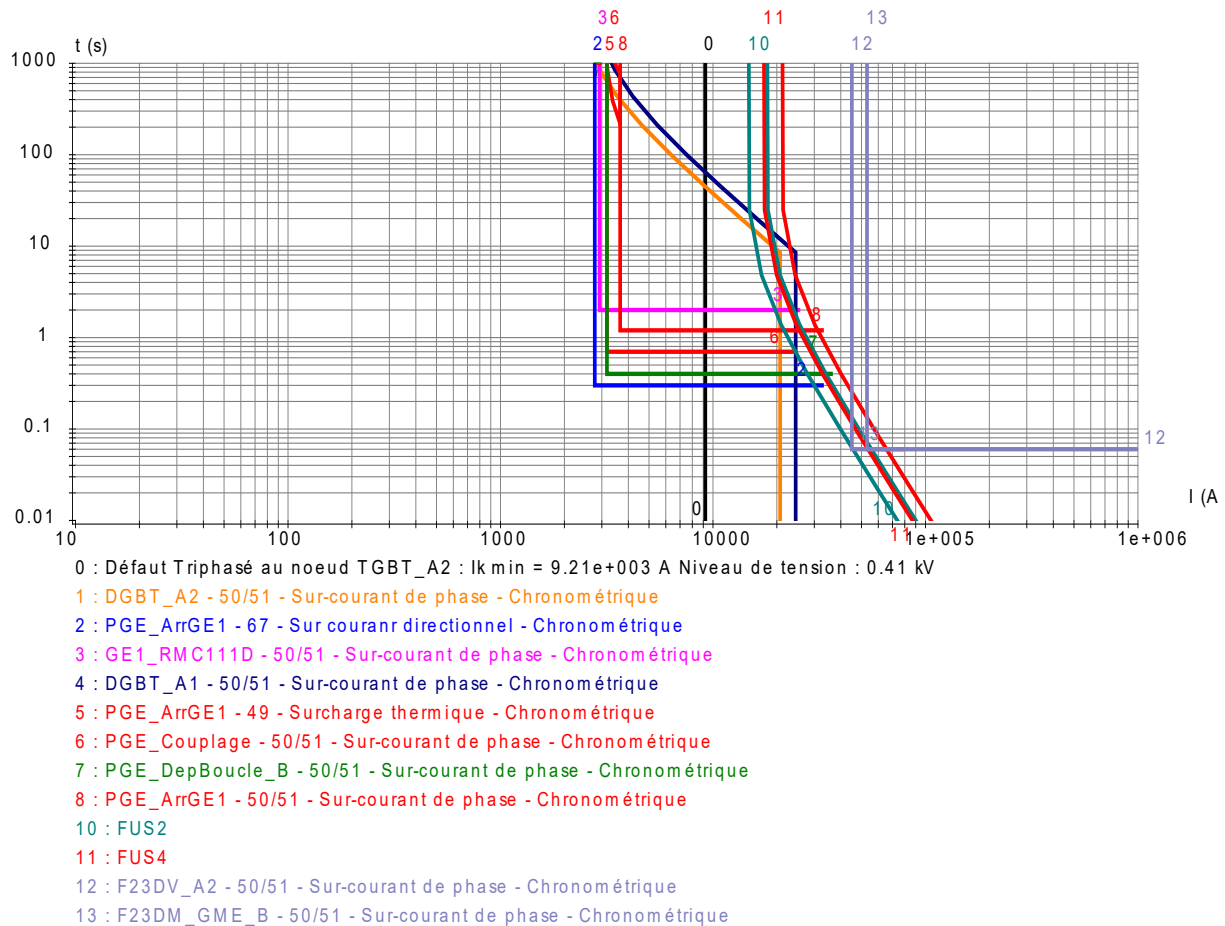
Défaut en aval du disjoncteur général BT du transformateur :

- ✗ **Tout défaut Phase/phase sera éliminé de manière non sélective.** La configuration particulière des postes (Boucle Fermée par la BT avec une Antenne) entraîne une situation complexe :
 - **Le premier organe à agir** est par la protection départ transformateur du poste en ANTENNE en lieu et place des DGBT. Le défaut n'est pas pour autant éliminé.
 - **À la suite de l'ouverture de la précédente protection**, la situation est celle du chapitre 12.1.1
 - Le défaut sera éliminé dans un temps inférieur à 500ms (temps d'ouverture inclus).

Défaut aval transformateur (amont DGBT) :

- ✗ Idem que le paragraphe précédent.

12.3.2 Défaut TGBT – Transformateur (Poste A)



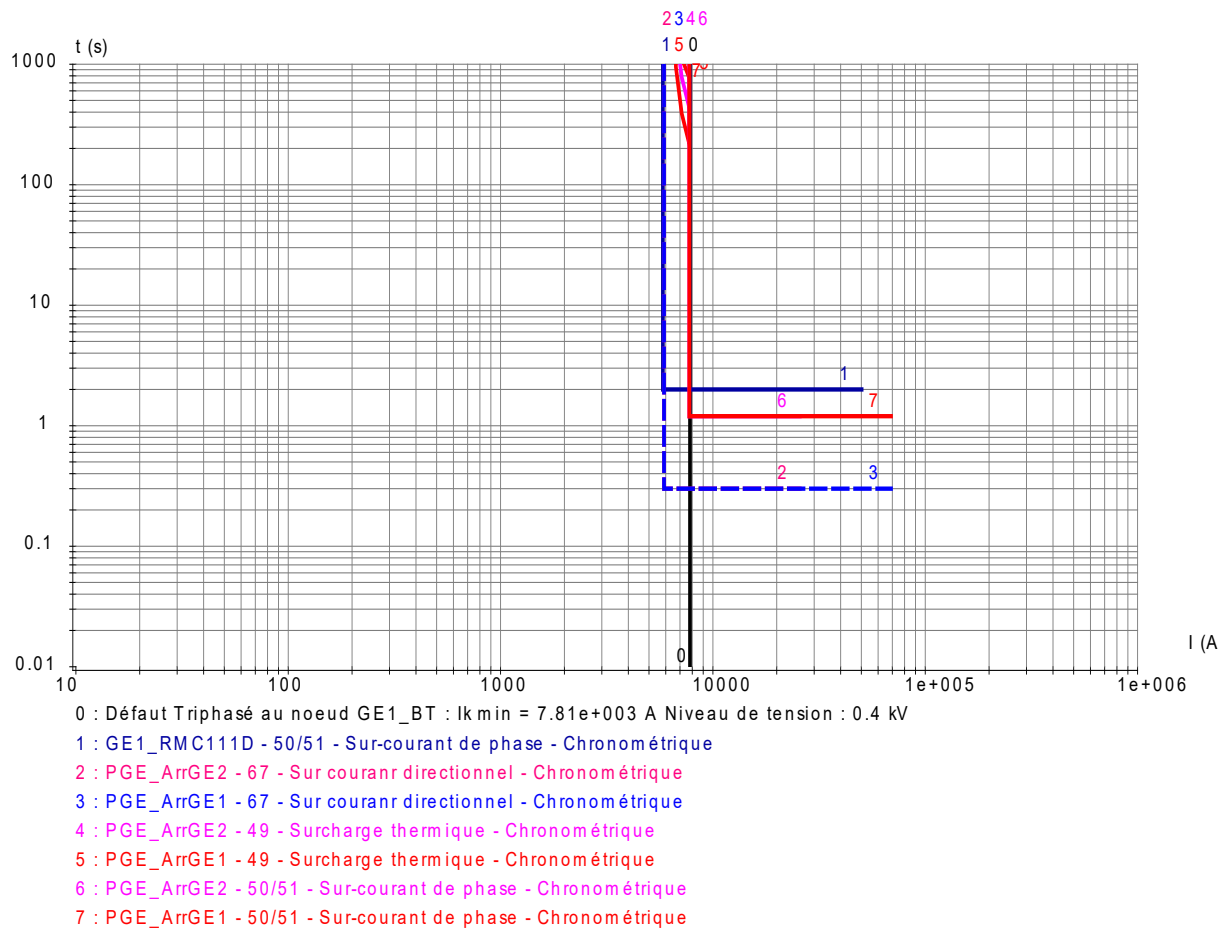
Défaut en aval du disjoncteur général BT du transformateur :

- ✗ Les fusibles n'ont pas le pouvoir de coupure pour agir sur ce type de défaut. ($I_{cc} \ll I_{\text{fusion}}$)
- ✗ Tout défaut Phase/phase sera éliminé de manière non sélective par la protection départ BOUCLE et la protection ANTENNE. Le défaut sera éliminé dans un temps inférieur à 500ms (temps d'ouverture inclus).

Défaut aval transformateur (amont DGBT) :

- ✗ Idem que le paragraphe précédent.

12.4 Poste GE



Défaut en aval (BT ou HT) du disjoncteur protection transformateur élévateur* :

- ✓ Tout défaut Phase/phase sera éliminé de manière sélective par le disjoncteur protection arrivée GE correspondant au défaut dans un temps inférieur à 350 ms (temps d'ouverture inclus)
- ✓ En secours de cette protection, les 2 disjoncteurs des arrivées GE élimineront le défaut, entraînant l'arrêt de la production d'énergie.

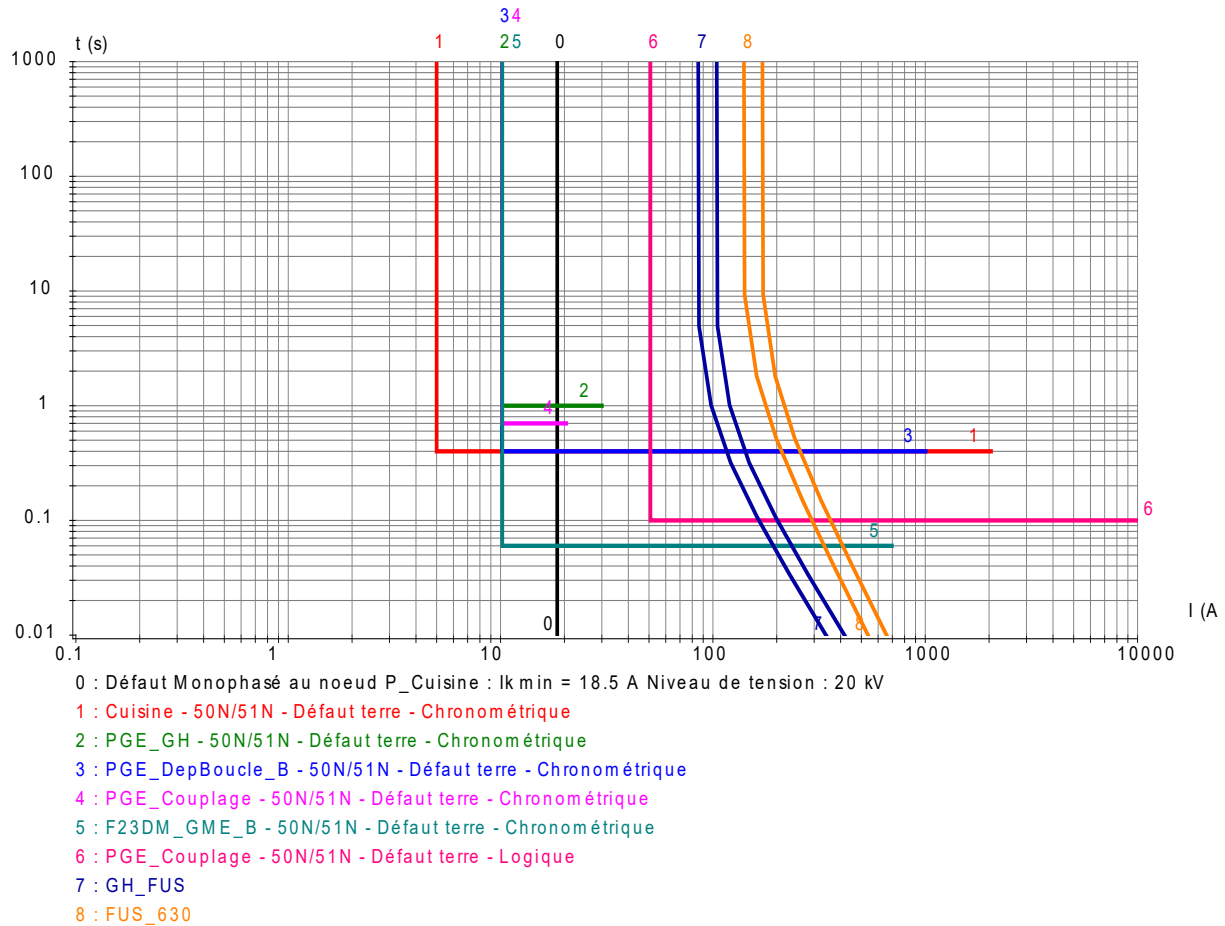
* défaut se situant entre les TC de protections BT et les TC de protections HT.



13 Courbes de Sélectivités – Défauts Phase/Terre - GH

13.1 Postes dans la boucle

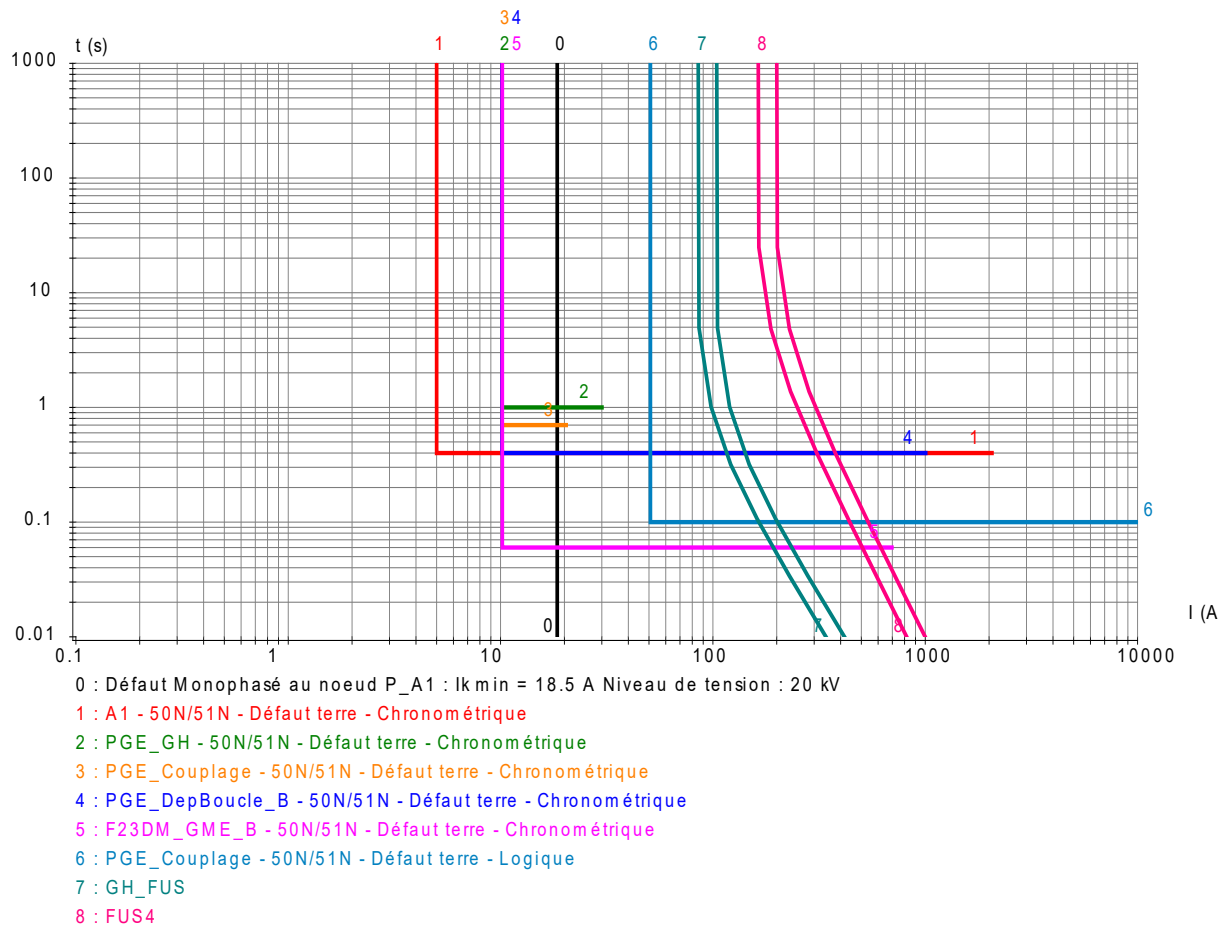
13.1.1 Poste Cuisine



Défaut en aval du départ protection HTA du transformateur :

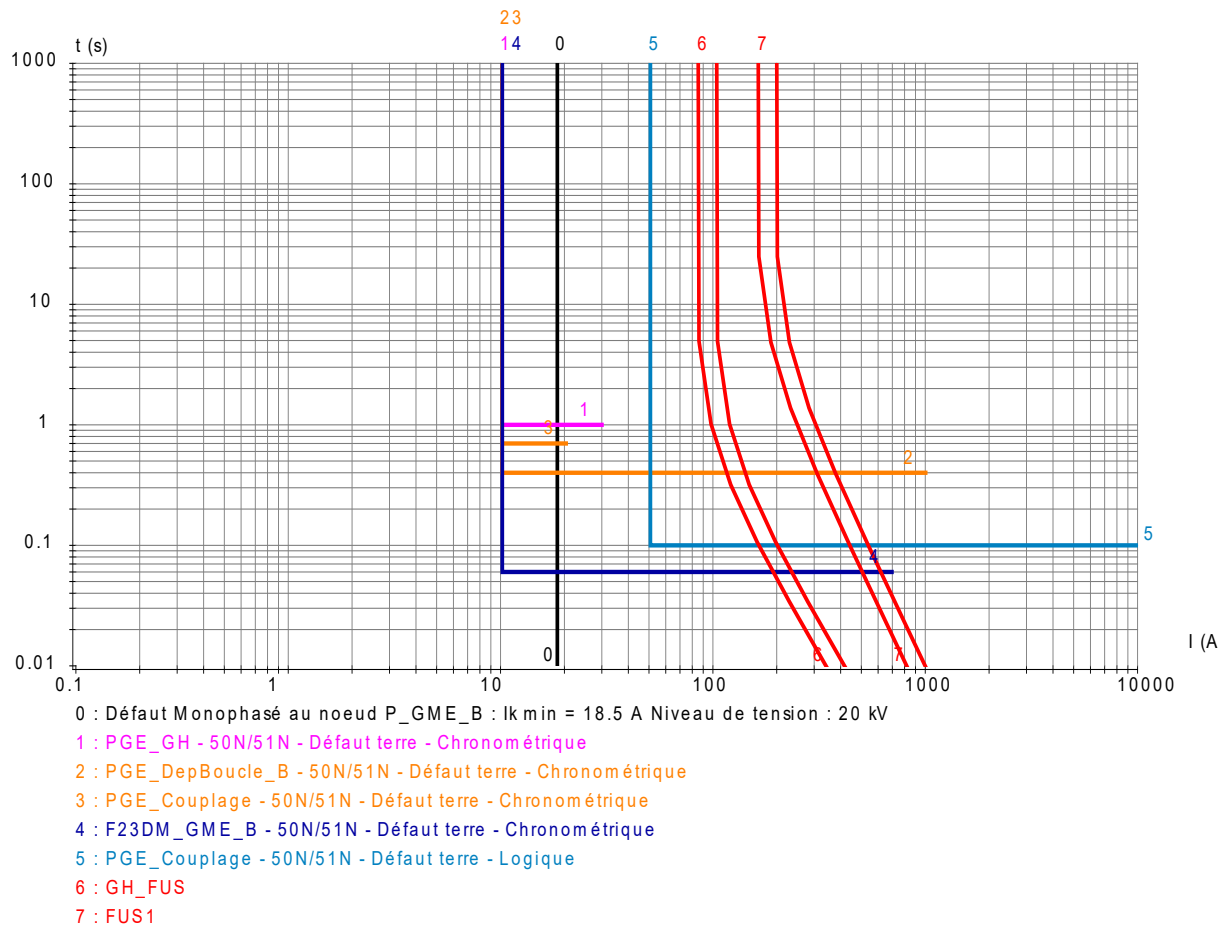
- ✓ Tout défaut entre Phase et Terre sur le primaire du transformateur sera éliminé de manière sélective par la protection du départ transformateur (action du Relais de Protection Numérique – Easergy avec utilisation du chgt de groupe de réglage) dans un temps inférieur à 450 ms (temps d'ouverture inclus).
- ⚠ Les fusibles HTA ne sont pas en mesure d'agir pour ce type de défaut ($I_{cc} \ll I_{fusion}$)

13.1.2 Poste A

**Défaut en aval du départ protection HTA du transformateur :**

- ✓ **Tout défaut entre Phase et Terre sur le primaire du transformateur sera éliminé de manière sélective** par la protection du départ transformateur (action du Relais de Protection Numérique – Easergy avec utilisation du chgt de groupe de réglage) dans un temps inférieur à 450 ms (temps d'ouverture inclus).
- ⚠ **Les fusibles HTA ne sont pas en mesure d'agir pour ce type de défaut ($I_{cc} \ll I_{fusion}$)**

13.1.3 Poste GME

**Défaut en aval du départ protection HTA du transformateur :**

- ✓ **Tout défaut entre Phase et Terre sur le primaire du transformateur sera éliminé de manière sélective** par la protection du départ transformateur (action du Relais de Protection Numérique – Easergy avec utilisation du chgt de groupe de réglage) dans un temps inférieur à 450 ms (temps d'ouverture inclus).
- ⚠ **Les fusibles HTA ne sont pas en mesure d'agir pour ce type de défaut ($I_{cc} < I_{fusion}$)**

13.2 Poste A ou GME en Antenne

13.2.1 Poste A

Défaut en aval du départ protection HTA du transformateur :

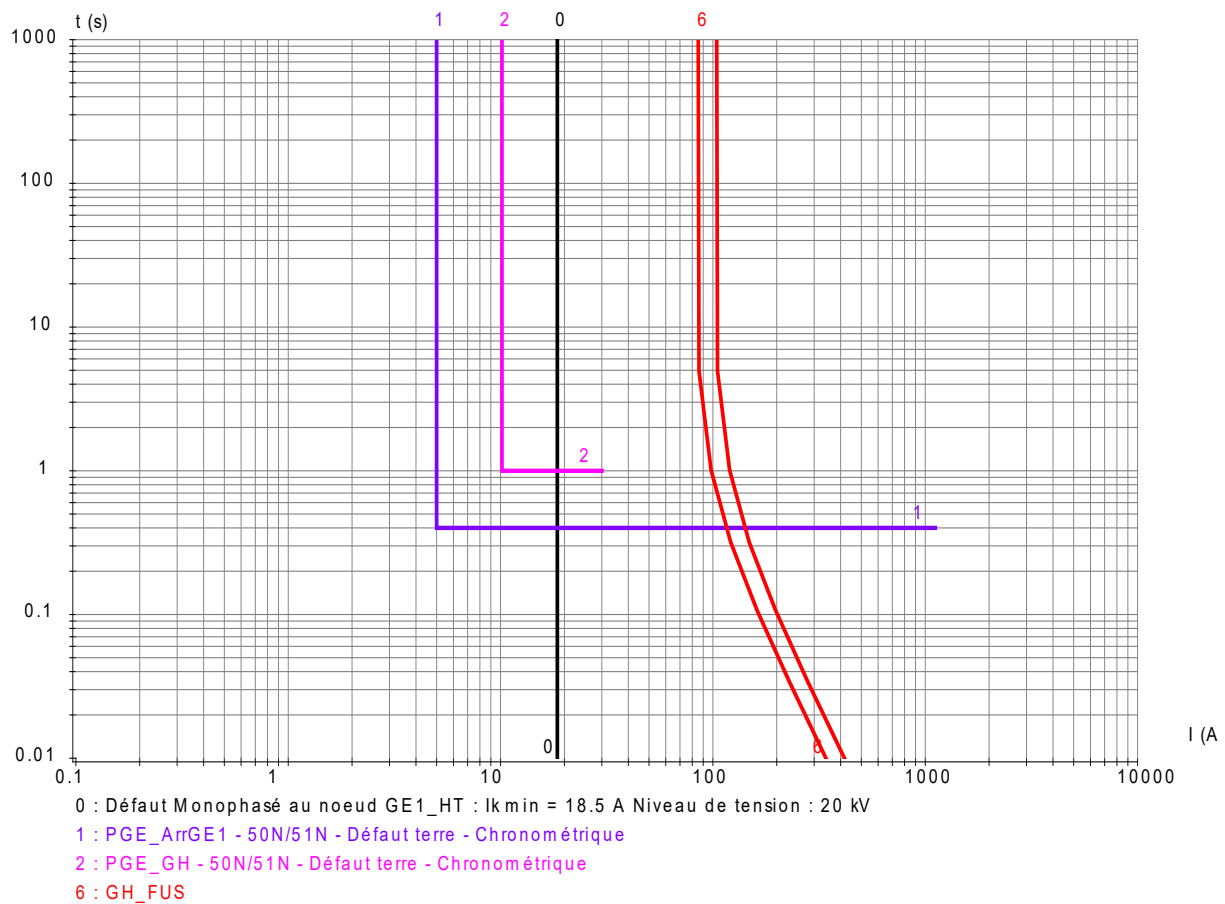
- ✓ **Tout défaut entre Phase et Terre sur le primaire du transformateur sera éliminé de manière sélective** par la protection du départ transformateur (action du Relais de Protection Numérique – Easergy avec utilisation du chgt de groupe de réglage) dans un temps inférieur à 450 ms (temps d'ouverture inclus).
- ⚠ **Les fusibles HTA ne sont pas en mesure d'agir pour ce type de défaut ($I_{cc} \ll I_{fusion}$)**

13.2.2 Poste GME

Défaut en aval du départ protection HTA du transformateur :

- ✓ **Tout défaut entre Phase et Terre sur le primaire du transformateur sera éliminé de manière sélective** par la protection du départ transformateur dans un temps inférieur à 100 ms (temps d'ouverture inclus).

13.3 Poste GE : Liaison HT GE



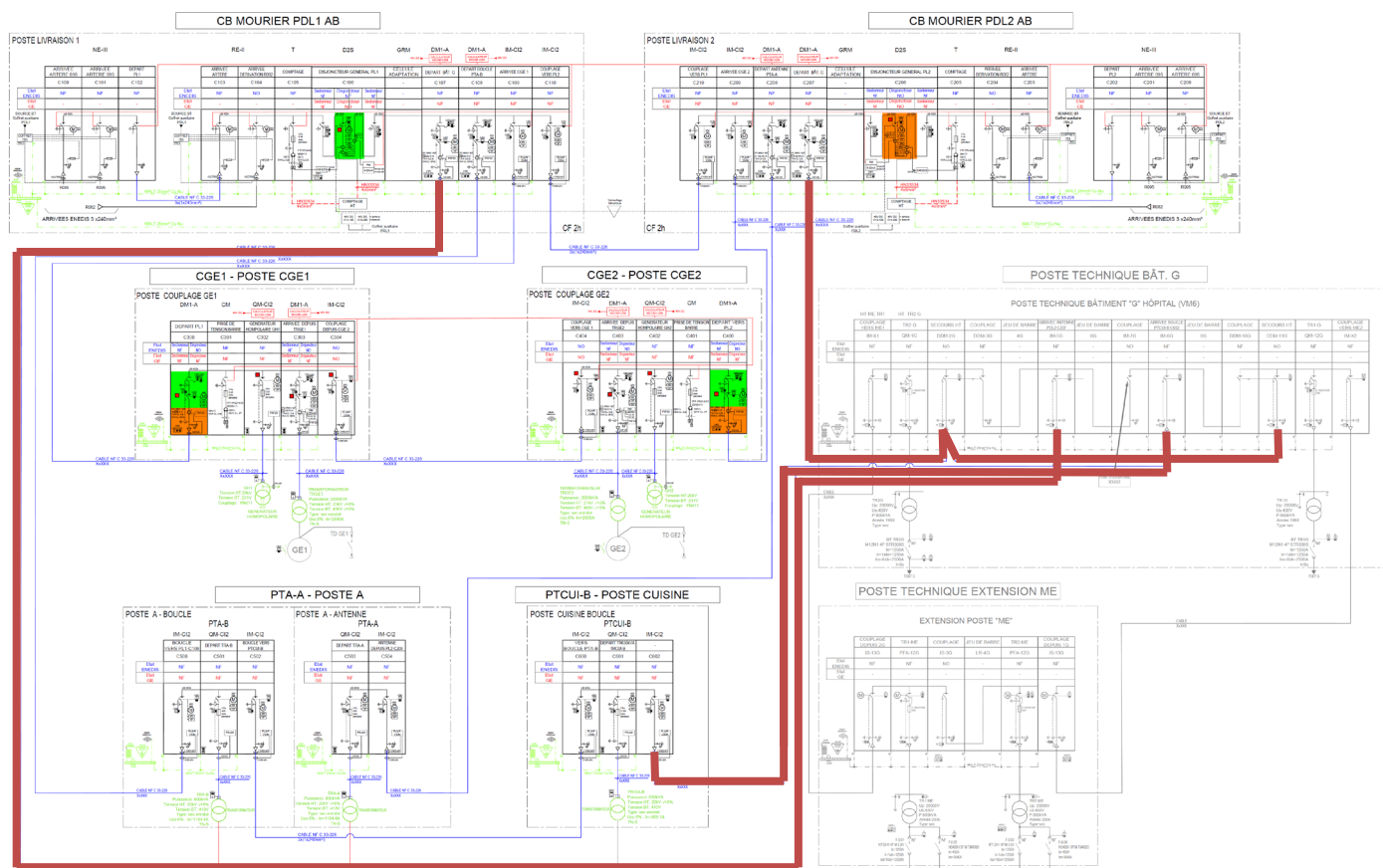
Défaut en aval du départ protection HTA du transformateur :

- ✓ Tout défaut entre Phase et Terre sur le primaire du transformateur sera éliminé de manière sélective par la protection disjoncteur HT de l'arrivée GE HT dans un temps inférieur à 450 ms (temps d'ouverture inclus).



14 Avis sur la phase provisoire d'exploitation poste G-ME

❖ Schéma de la phase provisoire :



❖ Analyse :

L'alimentation du poste existant G est réalisé par 3 alimentation possible :

- En direct depuis le départ C107 du PdL1
- En direct depuis le départ C207 du PdL2 en double piquage, il s'agit d'alimentation secours (normalement ouvert)
- Depuis le poste Cuisine issu de la boucle HT

Ces 3 liaisons sont en 3x1x120 mm² Alu. Ces liaisons ont une tenue sur court-circuit de 820 ms ce qui est conforme par rapport au temps de réaction des protections définies dans la présente étude de sélectivité pour la phase finale.

L'alimentation du poste existant ME est réalisé par 2 alimentations possible :

- Couplage X1 du poste G existant
- Couplage X2 du poste G existant

Ces 2 liaisons sont en 3x1x50 mm² Alu, sur 5 mètres en caniveau séparé. Ces liaisons ont une tenue sur court-circuit de 142 ms **ce qui n'est pas conforme** par rapport au temps de réaction des protections définies dans la présente étude de sélectivité pour la phase finale, car celles-ci sont paramétré à 100ms. **Nous recommandons de réduire la temporisation de ces protections à 50ms ce qui entraîne une non-sélectivité avec les protections avals mais protégera les liaisons. Après le retrait de ces liaisons et ces postes, nous imposons le retour aux réglages définies dans l'étude.**

Le poste G existant est en VM6, les protections transformateurs sont QM avec des fusibles Soléfuse 43A pour des transformateurs de 800kVA.

Le poste G existant est en Fluokit, les protections transformateurs sont PFA avec des fusibles Soléfuse 43A pour des transformateurs de 800kVA.



15 Calcul de courants de court-circuit

15.1 Définitions

Tous les calculs ont été effectués en conformité avec la norme CEI-60909.-2016. (Calcul des courants de court-circuit dans les réseaux triphasés à courant alternatif)

Toutes les données apparaissant dans les tableaux sont celles définies dans la norme CEI 60-909.

Nous en rappelons la signification :

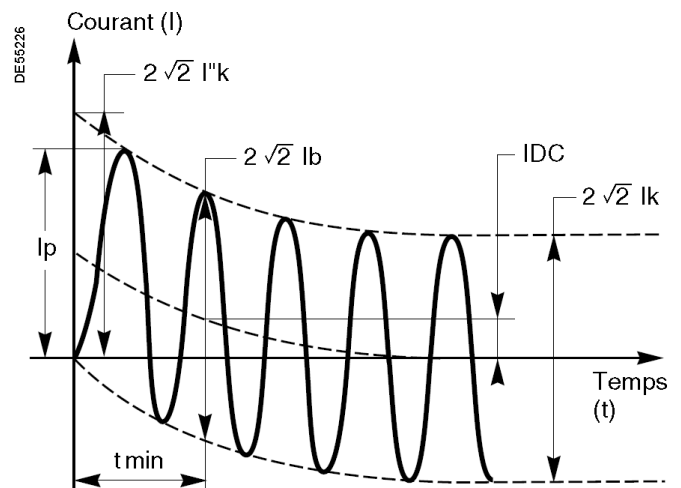
I''_k = courant de court-circuit symétrique initial. En d'autres termes, il s'agit de la valeur efficace de la composante symétrique alternative du courant de court-circuit présumé à l'instant d'apparition du court-circuit. On entend par courant de court-circuit présumé le courant qui circulerait si le court-circuit était remplacé par une connexion idéale d'impédance négligeable, sans modification de l'alimentation.

I_p = valeur de crête du courant de court-circuit, plus précisément valeur instantanée maximale possible du courant de court-circuit présumé.

I_b = courant de court-circuit symétrique coupé, soit valeur efficace d'un cycle complet de la composante alternative symétrique du courant de court-circuit présumé à l'instant de la séparation des contacts du premier pôle de l'appareil de manœuvre.

I_{dc} = composante apériodique décroissante du courant de court-circuit, c'est à dire valeur moyenne des enveloppes inférieure et supérieure d'un courant de court-circuit décroissant de sa valeur initiale à zéro.

I_k = courant de court-circuit permanent, soit valeur efficace du courant de court-circuit se maintenant après extinction des phénomènes transitoires.



Le calcul des courants de court-circuit en un point d'un réseau donne lieu à un tableau définissant les courants de court-circuit symétrique et asymétriques triphasé et monophasés.

Schéma	nom	initial	coupé	permanent
	Court circuit triphasé	I''_{k3}	I_{b3}	I_{k3}
	Court circuit biphasé isolé	$I''_{k2} = I_{b2}$		I_{k2}
	Court circuit biphasé terre	$I''_{k2E} = I_{b2E} = I_{k2E}$		
	Court circuit monophasé terre	$I''_{k1} = I_{b1} = I_{k1}$		

Les courants de court-circuit calculés peuvent être :

- minimum : correspondant à la puissance de court-circuit amont minimale et, à la configuration minimale de l'installation, sans prise en compte de l'apport moteur, ni d'une mise en parallèle de transformateur.

- maximum : correspondant à la puissance de court-circuit amont maximale avec prise en compte des apports moteurs, la mise en parallèle des transformateurs, la configuration de l'installation étant maximale.

Pour les calculs des courants de court-circuit il a été utilisé le trajet le plus long donnant le courant de court-circuit le plus petit, même si en exploitation normale la distribution se fait d'une autre manière.

15.2 Mode de Fonctionnement A : ENEDIS Seul

15.2.1 Calcul d'I_{cc} Max

Noeuds	I ³ (kA)	I ₃ (kA)	I _{k3} (kA)	I ² =I _{b2} (kA)	I _{k2} (kA)	I ² =I _{b2E} =I _{k2E} (kA)	I ¹ =I _{b1} =I _{k1} (kA)
JDB_A1	12.31	12.31	12.31	10.66	10.66	10.89	1.01
JdB_A2	12.48	12.48	12.48	10.8	10.8	11.04	1.01
JDB_C13100	12.5	12.5	12.5	10.82	10.82	11.05	1.01
JdB_Cuisine	11.9	11.9	11.9	10.3	10.3	10.53	1
JdB_GME	12.14	12.14	12.14	10.52	10.52	10.74	1
JdB_GME_B	11.5	11.5	11.5	9.96	9.96	10.18	1
P_A1	12.27	12.27	12.27	10.63	10.63	10.86	1.01
P_A2	12.43	12.43	12.43	10.77	10.77	11	1.01
P_Cuisine	11.86	11.86	11.86	10.27	10.27	10.49	1
P_GME	12.1	12.1	12.1	10.48	10.48	10.71	1
P_GME_B	11.46	11.46	11.46	9.93	9.93	10.15	1
S_A1	19.82	19.82	19.82	17.16	17.16	19.96	20.04
S_A2	19.82	19.82	19.82	17.17	17.17	19.96	20.05
S_Cuisine	15.68	15.68	15.68	13.58	13.58	15.77	15.82
S_GME	19.81	19.81	19.81	17.16	17.16	19.96	20.04
S_GME_B	19.78	19.78	19.78	17.13	17.13	19.94	20.02
TGBT_A1	19.81	19.81	19.81	17.16	17.16	19.95	20.03
TGBT_A2	19.82	19.82	19.82	17.16	17.16	19.95	20.03
TGBT_Cuisine	15.67	15.67	15.67	13.57	13.57	15.77	15.81
TGBT_GME	19.8	19.8	19.8	17.15	17.15	19.94	20.02
TGBT_GME_B	19.77	19.77	19.77	17.12	17.12	19.93	20
TGBT_A //	35.65	35.65	35.65	30.87	30.87	35.46	35.07
TGBT_GME //	35.64	35.64	35.64	30.86	30.86	35.45	35.06

15.2.2 Calcul d'I_{cc} Min

Noeuds	I ³ (kA)	I ₃ (kA)	I _{k3} (kA)	I ² =I _{b2} (kA)	I _{k2} (kA)	I ² =I _{b2E} =I _{k2E} (kA)	I ¹ =I _{b1} =I _{k1} (kA)
JDB_A1	8.35	8.35	8.35	7.23	7.23	7.01	0.99
JdB_A2	8.44	8.44	8.44	7.31	7.31	7.08	1
JDB_C13100	8.46	8.46	8.46	7.32	7.32	7.09	1
JdB_Cuisine	8.12	8.12	8.12	7.03	7.03	6.81	0.99
JdB_GME	8.25	8.25	8.25	7.15	7.15	6.92	0.99
JdB_GME_B	7.89	7.89	7.89	6.83	6.83	6.62	0.98
P_A1	8.33	8.33	8.33	7.21	7.21	6.99	0.99
P_A2	8.42	8.42	8.42	7.29	7.29	7.06	1
P_Cuisine	8.09	8.09	8.09	7.01	7.01	6.79	0.99
P_GME	8.23	8.23	8.23	7.13	7.13	6.9	0.99
P_GME_B	7.86	7.86	7.86	6.81	6.81	6.59	0.98
S_A1	17.73	17.73	17.73	15.35	15.35	17.83	17.99
S_A2	17.73	17.73	17.73	15.36	15.36	17.84	18
S_Cuisine	14.06	14.06	14.06	12.17	12.17	14.12	14.23
S_GME	17.72	17.72	17.72	15.34	15.34	17.82	17.99
S_GME_B	17.69	17.69	17.69	15.32	15.32	17.78	17.97
TGBT_A1	17.72	17.72	17.72	15.34	15.34	17.82	17.98
TGBT_A2	17.73	17.73	17.73	15.35	15.35	17.83	17.99
TGBT_Cuisine	14.05	14.05	14.05	12.17	12.17	14.11	14.22
TGBT_GME	17.71	17.71	17.71	15.34	15.34	17.81	17.98
TGBT_GME_B	17.68	17.68	17.68	15.31	15.31	17.78	17.96

15.3 Mode de Fonctionnement B : Groupes Electrogènes

15.3.1 Calcul d'Icc Max : 2 GE

Noeuds	I ^{"k3} (kA)	I ^{b3} (kA)	I ^{k3} (kA)	I ^{"k2=Ib2} (kA)	I ^{k2} (kA)	I ^{"k2E=Ib2E=Ik2E} (kA)	I ^{"k1=Ib1=Ik1} (kA)
GE1_BT	30.06	22.08	14.32	24.75	24.75	24.75	0
GE1_HT	0.6	0.44	0.3	0.5	0.5	0.5	0.02
JDB_A1	0.6	0.44	0.3	0.49	0.49	0.5	0.02
JDB_A2	0.6	0.44	0.3	0.5	0.5	0.5	0.02
JDB_C13100	0.6	0.44	0.3	0.5	0.5	0.5	0.02
JdB_Cuisine	0.6	0.44	0.3	0.49	0.49	0.5	0.02
JDB_GE	0.6	0.44	0.3	0.5	0.5	0.5	0.02
JDB_GetME_Ant	0.6	0.44	0.3	0.49	0.49	0.5	0.02
JdB_GetME_B	0.6	0.44	0.3	0.49	0.49	0.5	0.02
JDB8	0.6	0.44	0.3	0.5	0.5	0.5	0.02
P_A1	0.6	0.44	0.3	0.49	0.49	0.5	0.02
P_A2	0.6	0.44	0.3	0.5	0.5	0.5	0.02
P_Cuisine	0.6	0.44	0.3	0.49	0.49	0.5	0.02
P_GetME_A	0.6	0.44	0.3	0.49	0.49	0.5	0.02
P_GetME_B	0.6	0.44	0.3	0.49	0.49	0.5	0.02
S_A1	11.79	11.46	11.56	10.02	10.02	13.14	13.54
S_A2	11.81	11.48	11.57	10.04	10.04	13.16	13.55
S_Cuisine	10.2	10.2	10.2	8.69	8.69	11.12	11.48
S_GetME_A	11.8	11.47	11.57	10.03	10.03	13.15	13.55
S_GetME_B	11.8	11.47	11.57	10.03	10.03	13.15	13.55
TGBT_A1	11.79	11.46	11.56	10.02	10.02	13.13	13.53
TGBT_A2	11.81	11.48	11.57	10.03	10.03	13.16	13.55
TGBT_Cuisine	10.2	10.2	10.2	8.69	8.69	11.12	11.47
TGBT_GetME_800	11.8	11.47	11.57	10.03	10.03	13.15	13.54
TGBT_GetME_A	11.8	11.47	11.57	10.03	10.03	13.15	13.54

15.3.2 Calcul d'Icc Min : 1 GE

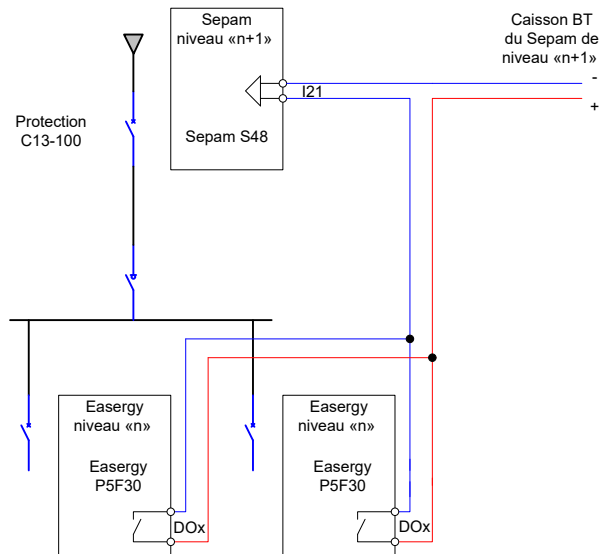
Noeuds	I ^{"k3} (kA)	I ^{b3} (kA)	I ^{k3} (kA)	I ^{"k2=Ib2} (kA)	I ^{k2} (kA)	I ^{"k2E=Ib2E=Ik2E} (kA)	I ^{"k1=Ib1=Ik1} (kA)
GE1_BT	17.73	12.56	4.03	14.46	14.46	14.46	0
GE1_HT	0.27	0.21	0.078	0.23	0.23	0.22	0.019
JDB_A1	0.27	0.21	0.078	0.22	0.22	0.22	0.019
JdB_A2	0.27	0.21	0.078	0.23	0.23	0.22	0.019
JDB_C13100	0.27	0.21	0.078	0.23	0.23	0.22	0.019
JdB_Cuisine	0.27	0.21	0.078	0.22	0.22	0.22	0.019
JDB_GE	0.27	0.21	0.078	0.23	0.23	0.22	0.019
JdB_GME	0.27	0.21	0.078	0.23	0.23	0.22	0.019
JdB_GME_B	0.27	0.21	0.078	0.23	0.23	0.22	0.019
JDB2	0.27	0.21	0.078	0.23	0.23	0.22	0.019
P_A1	0.27	0.21	0.078	0.22	0.22	0.22	0.019
P_A2	0.27	0.21	0.078	0.23	0.23	0.22	0.019
P_Cuisine	0.27	0.21	0.078	0.22	0.22	0.22	0.019
P_GME	0.27	0.21	0.078	0.23	0.23	0.22	0.019
P_GME_B	0.27	0.21	0.078	0.23	0.23	0.22	0.019
S_A1	7.49	6.82	3.53	6.32	6.32	8.94	9.15
S_A2	7.5	6.83	3.53	6.33	6.33	8.94	9.16
S_Cuisine	6.75	6.33	3.46	5.71	5.71	7.83	8.07
S_GME	7.5	6.83	3.53	6.33	6.33	8.94	9.15
S_GME_B	7.5	6.83	3.53	6.33	6.33	8.94	9.15
TGBT_A1	7.49	6.82	3.53	6.32	6.32	8.93	9.14
TGBT_A2	7.5	6.83	3.53	6.33	6.33	8.94	9.15
TGBT_Cuisine	6.75	6.33	3.46	5.71	5.71	7.82	8.07
TGBT_GME	7.5	6.82	3.53	6.32	6.32	8.94	9.15
TGBT_GME_B	7.5	6.82	3.53	6.32	6.32	8.94	9.15



16 Précautions de mise en œuvre

16.1 Principe de mise en œuvre de la sélectivité Logique

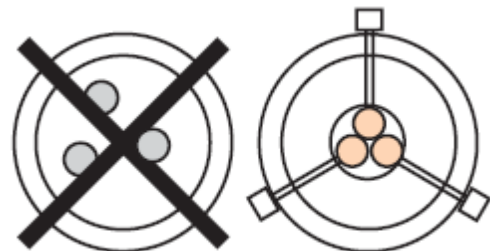
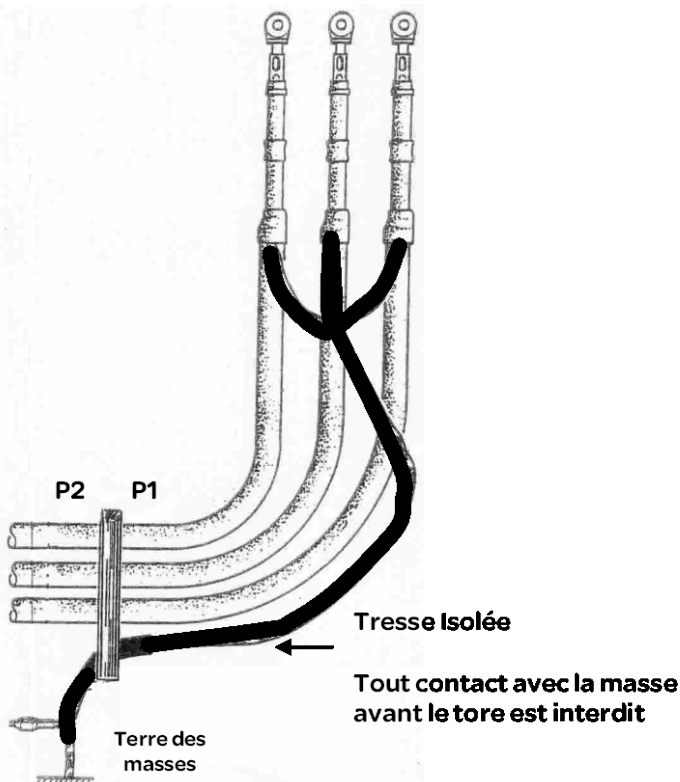
Ci-dessous, une proposition de schéma de principe du raccordement de la sélectivité logique. La réalisation peut être différente en fonction des choix effectués sur les relais / mise en œuvre (Fibre optique...).



16.2 Montage de tore

Les tores de mesure du courant homopolaire doivent être correctement installés, la mise à la terre des écrans des câbles doit se faire par une trousse isolée qui repasse dans le tore.

De plus il faut grouper le(s) câble(s) MT au centre du tore et maintenir le câble à l'aide de frettes en matériaux non conducteur.





17 Annexes

17.1 CODES ANSI utilisés.

Les principales fonctions de protection utilisées dans la présente étude de sélectivité, sont indiquées dans le tableau ci-dessous, en précisant leur code selon la norme ANSI C37.2 ainsi qu'une brève définition ; le classement est fait selon l'ordre numérique.

Code ANSI	Libellé de la fonction	Définition
27	Minimum de Tension	Protection pour contrôle d'une baisse de tension
32N	Protection wattmétrique homopolaire (PWH)	Protection contre les défauts terre, pour les installations raccordées à un réseau à neutre compensé.
32P	Maximum de puissance active directionnelle	Protection de contrôle de transfert maximal de puissance active
46	Maximum de composante inverse	Protection contre les déséquilibres des courants des phases
47	Maximum de tension inverse	Protection de tension inverse et détection du sens de rotation inverse de machine tournante
49 rms	Image thermique	Protection contre les surcharges
50BF	Défaillance Disjoncteur	Protection de contrôle de la non-ouverture du disjoncteur après ordre de déclenchement
51	Maximum de courant phase temporisée	Protection triphasée contre les surcharges et les courts-circuits entre phases
51G	Maximum de courant terre temporisée	Protection contre les défauts à la terre, courant résiduel mesuré directement par un seul capteur (Tore)
51N	Maximum de courant terre temporisée	Protection contre les défauts à la terre, courant résiduel calculé ou mesuré par 3 TC
59	Maximum de Tension	Protection de contrôle d'une tension trop élevée ou suffisante
59N	Maximum de Tension Homopolaire	Protection de détection de défaut d'isolement
67	Maximum de courant phase directionnelle	Protection triphasée contre les courts-circuits selon le sens d'écoulement du courant
67N	Maximum de courant terre directionnelle	Protection contre les défauts à la terre selon le sens d'écoulement du courant
81 L	Maximum de Fréquence	Protection contre une fréquence anormalement basse
81 H	Minimum de Fréquence	Protection contre une fréquence anormalement élevée

17.2 Rappel C13-100

Extrait du Commentaire de la norme C13-100 (avril 2001) du paragraphe 433.3 Protection par disjoncteur :

NF C 13-100

- 64 -

COMMENTAIRES

Les installations correspondant à un courant de base important comportent en général plusieurs transformateurs et les courants transitoires lors de la remise sous tension de l'ensemble sont, en pratique, inférieurs à ceux correspondant à un seul transformateur d'une puissance égale à P_B . Un réglage à une valeur inférieure à $8 I_B$ est alors possible et peut être nécessaire pour assurer une certaine coordination avec les protections du réseau d'alimentation haute tension.

Lorsque le dispositif de protection est constitué par des déclencheurs directs et que ceux-ci comportent en plus de l'organe à déclenchement différé, réglé comme indiqué ci-contre, un organe à déclenchement instantané, le réglage de ce dernier est effectué à une valeur égale à $25 I_B$. Le déclenchement instantané n'est utile que si la valeur de $25 I_B$ est inférieure à $0,8 I_{ccb}$.

Dans le cas d'un poste d'alimentation d'une installation HT, la protection de cette installation contre les courts-circuits, prévue à la section 432 de la norme NF C 13-200, peut être, en général, assurée par le disjoncteur de protection générale du poste.

La sélectivité avec la protection du réseau d'alimentation nécessite que la durée d'intervention du dispositif de protection du poste soit inférieure d'au moins 0,3 seconde à celle du disjoncteur du réseau situé en amont du poste : généralement, ce dernier étant réglé de manière à assurer l'élimination du courant de court-circuit en 0,5 seconde. il en résulte que le dispositif de protection doit éliminer en moins de 0,2 seconde.

Lorsque l'installation à haute tension comporte d'autres disjoncteurs de protection en aval, le temps d'élimination de 0,2 seconde au niveau de la protection générale ne permet pas de réaliser une sélectivité chronométrique avec ces disjoncteurs. Le distributeur peut alors accepter que le dispositif de protection générale par relais indirects. comporte deux temporisations à démarrages simultanés :

- une première, réglée pour l'élimination du courant de court-circuit en 0,2 seconde, qui est verrouillée lorsque ce courant est également vu par une protection immédiatement en aval ;
- une deuxième, non verrouillable, qui garantit l'élimination du courant de court-circuit en 0,3 seconde dans l'éventualité d'un fonctionnement incorrect des protections ou des disjoncteurs en aval.

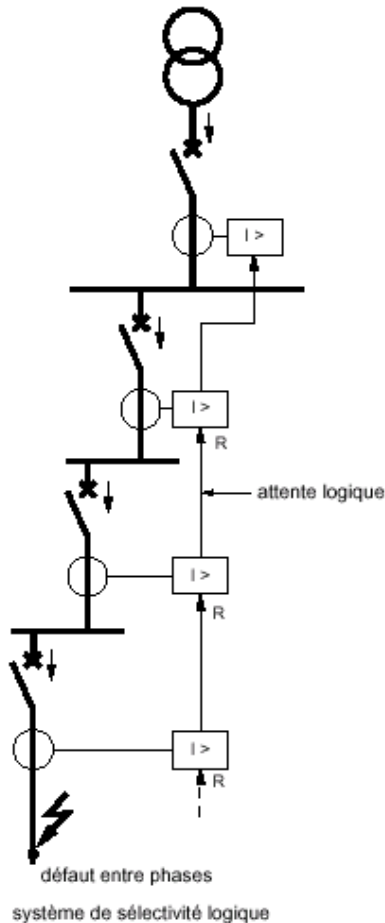
Seuil « Logique » : Cette protection est bloquée par une information Tout Ou Rien en provenance des protections des départs en aval

Seuil « Chronométrique » : Cette protection agit sans blocage logique

Dans la protection Sepam S48 la réalisation de ces deux temporisations est assurée par deux exemplaires de protection : « logique » et « chronométrique ».

17.3 Principe de sélectivité et de secours

17.3.1 Sélectivité Logique



Ce principe est utilisé lorsque l'on souhaite obtenir un **temps d'élimination de défaut court**.

L'échange d'informations logiques entre protections successives permet la **suppression des intervalles de sélectivité**.

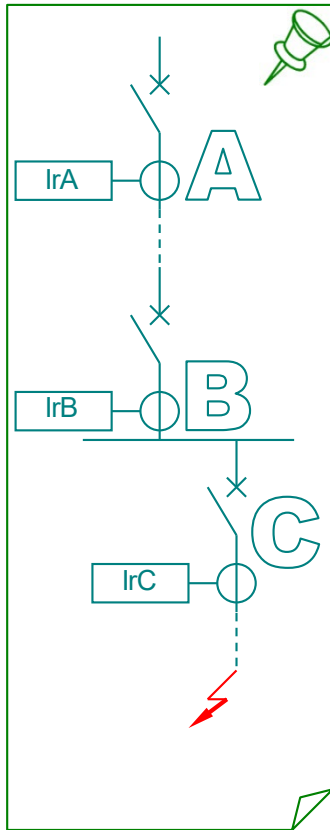
En effet, dans un réseau en antenne, les protections situées en amont du point de défaut sont sollicitées, celles en aval ne le sont pas ; cela permet de localiser sans ambiguïté le point de défaut et le disjoncteur à commander.

Chaque protection sollicitée par un défaut envoie :

- un ordre d'attente logique à l'étage amont (ordre d'augmentation de la temporisation propre du relais amont),
- un ordre de déclenchement au disjoncteur associé sauf s'il a lui-même reçu un ordre d'attente logique de l'étage aval. **Un déclenchement temporisé est prévu en secours.**

Avantage : Le temps de déclenchement est indépendant de la position du défaut dans la cascade de sélectivité.

17.3.2 Sélectivité Chronométrique HT



Elle consiste à donner des temporisations différentes aux protections ampèremétriques échelonnées le long du réseau. Ces temporisations sont d'autant plus longues que le relais est plus proche de la source.

Ainsi, sur le schéma ci-contre, le défaut représenté est vu par toutes les protections (en A, B, et C). La protection temporisée C réagit plus rapidement que celle installée en B, elle-même plus rapide que celle installée en A.

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

L'intervalle de sélectivité (la différence entre les temporisations des protections amont et aval) doit être supérieur à :

$$\Delta T > \tau_{1av} + \varepsilon_{2av} + \tau_{ouv} + \tau_{mem} - \tau_{1am} + Ms$$

τ_{1av} : Temps max de détection du relais aval: 45ms

ε_{2av} : Erreur sur le temps de déclenchement du relais aval: 20ms

τ_{ouv} : Temps max d'ouverture du disjoncteur: 120ms (pour 70% de Un auxiliaire) 80ms à Un

τ_{mem} : Temps mémoire du relais amont : 30ms (45 ms en analogique)

τ_{1am} : Temps min de détection du relais amont: 10ms

Ms : Marge de sécurité

$\Delta\tau = 300ms$ pour un relais analogique amont

$\Delta\tau = 250ms$ pour un relais numérique amont

$\Delta\tau = 200ms$ pour un relais numérique amont et une tension auxiliaire garantie

Dans le cas général un intervalle de 250ms sera retenu et pour des cas particuliers cet intervalle pourra être réduit à 200ms avec des réserves sur la tension auxiliaire.

Dans le cas de protection wattmétrique homopolaire un intervalle de 500ms est impératif. Il est lié au temps mémoire de la protection.

Ce système de sélectivité a deux avantages : Il est simple, il assume son propre secours (mais en éliminant une partie saine de l'installation). Par contre, lorsque le nombre de relais en cascade est grand, la protection située la plus en amont a la temporisation la plus longue, on aboutit à un temps d'élimination de défaut prohibitif et incompatible avec la tenue des matériels au courant de court-circuit, ou avec les impératifs extérieurs d'exploitation, (raccordement au réseau électrique d'un distributeur par exemple).

Ce principe est utilisé dans les réseaux en antenne.

17.3.3 Protections secourues

Le principe des protections secourues réside dans la sélectivité combinée. Il s'agit de l'association, d'une combinaison de fonctions élémentaires de sélectivité procurant des avantages complémentaires aux sélectivités simples : sélectivité totale et redondance/secours.

Plusieurs exemples pratiques d'association sont explicités :

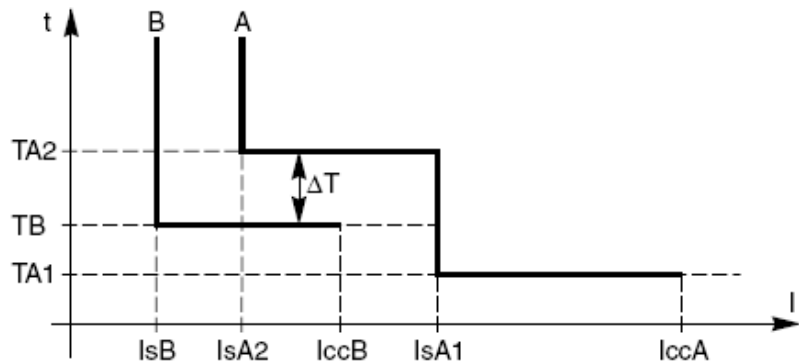
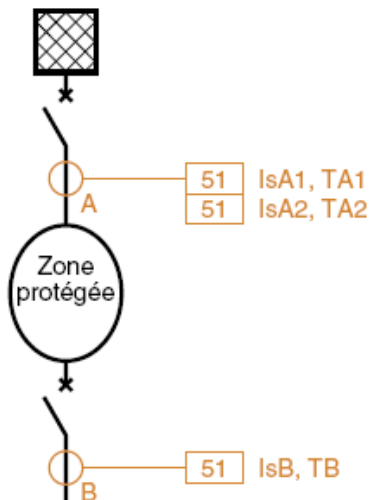
- Ampèremétrique + Chronométrique
- Logique + Chronométrique
- Chronométrique + directionnelle
- Logique + directionnelle
- Différentielle + chronométrique

Sélectivités ampèremétrique + chronométrique

L'exemple montre que l'on définit à la fois :

- ☐ une sélectivité ampèremétrique entre A1 et B,
- ☐ une sélectivité chronométrique entre A2 et B.

On obtient alors une sélectivité totale, et la protection en A assure le secours de la protection B.

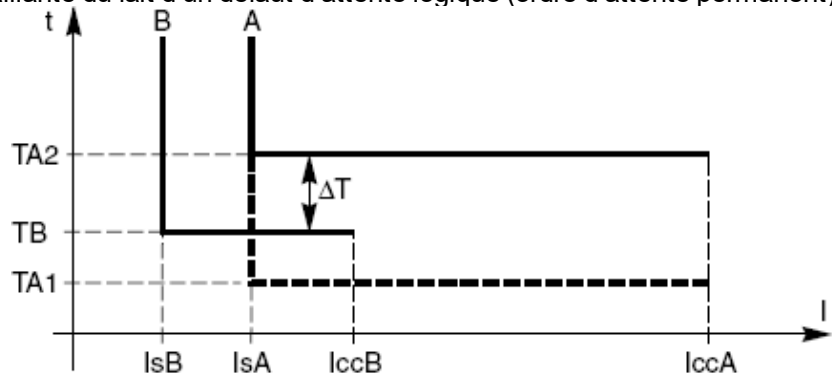
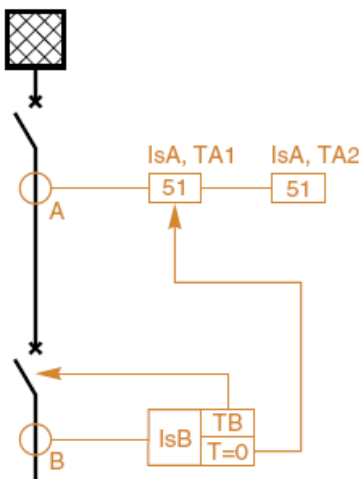


Sélectivités logique + chronométrique

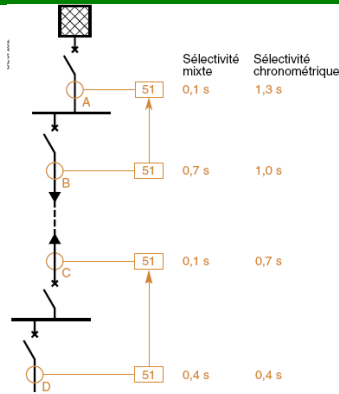
L'exemple montre que l'on définit à la fois :

- ☐ une sélectivité logique entre A1 et B,
- ☐ une sélectivité chronométrique entre A2 et B.

La protection A2 assure alors un secours de la protection A1, si celle-ci est défaillante du fait d'un défaut d'attente logique (ordre d'attente permanent).



Sélectivité mixte, logique + chronométrique



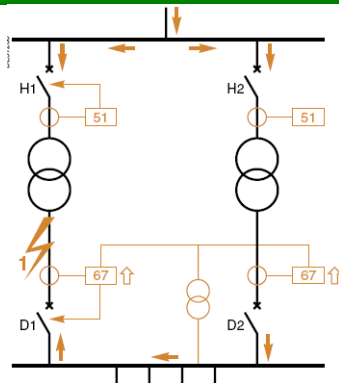
L'exemple montre que l'on définit à la fois :

- ☐ une sélectivité logique à l'intérieur d'un tableau (A et B d'une part, C et D d'autre part),
- ☐ une sélectivité chronométrique entre les deux tableaux B et D, avec $TB = TD + DT$.

Il n'est pas nécessaire d'installer une liaison de transmission de signaux logiques entre deux tableaux éloignés. Les temporisations des déclenchements sont réduites par comparaison à une simple sélectivité chronométrique.

- ☐ de plus, il faut prévoir un secours chronométrique en A et C (se reporter au paragraphe ci-dessus).

Sélectivité chronométrique + directionnelle



D1 et D2 sont équipés de protections directionnelles faiblement temporisées, H1 et H2 sont équipés de protections à maximum de courant temporisées.

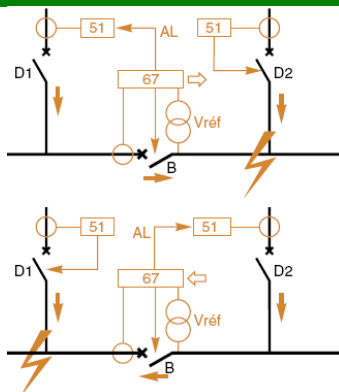
En cas de défaut au point 1, seules les protections de D1 (directionnelle), H1 et H2 voient le défaut. La protection sur D2 ne le voit pas, en raison de son sens de détection. D1 s'ouvre. La protection de H2 se désexcite, H1 s'ouvre et ainsi le tronçon en défaut H1-D1 est isolé.

$$TH1 = TH2$$

$$TD1 = TD2$$

$$TH = TD + \Delta\tau$$

Sélectivités logique + directionnelle



L'exemple montre que l'orientation des ordres d'attente logique est dépendante du sens d'écoulement du courant.

Ce principe est utilisé pour le couplage de deux jeux de barres et pour les boucles fermées.

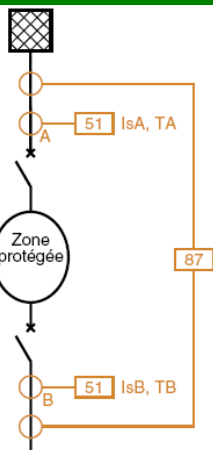
Défaut côté D2 :

- ☐ ouverture en D2 et B,
- ☐ D1 est bloqué par B (AL : attente logique).

Défaut côté D1 :

- ☐ ouverture en D1 et B,
- ☐ D2 est bloqué par B (AL : attente logique).

Sélectivités différentielle + chronométrique



L'exemple montre que l'on définit à la fois :

- ☐ une protection différentielle instantanée,
- ☐ une protection de courant de phase ou de terre en A en secours de la protection différentielle,
- ☐ une protection de courant en B pour protéger la zone située en aval,
- ☐ une sélectivité chronométrique entre les protections en A et B, avec $TA = TB + \Delta\tau$.

De la sorte, on assure un secours de la protection différentielle, mais des transformateurs de courant à deux enroulements sont parfois nécessaires.

Remarque : la sélectivité chronométrique peut être remplacée par la sélectivité logique.