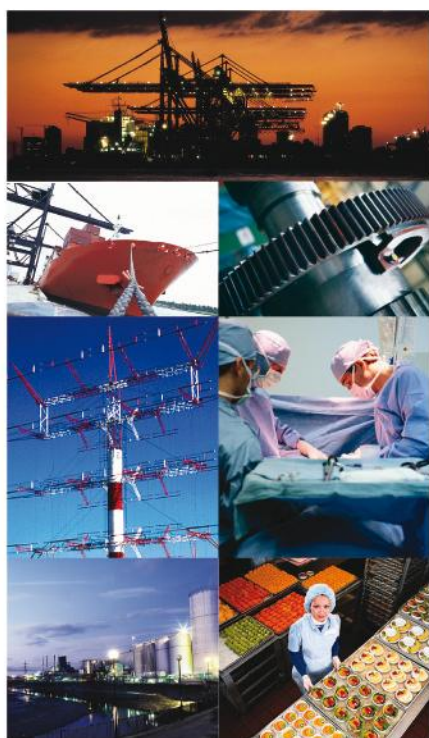




## **SPIE Ouest Centre - Agence IGE**

1, rue Gros Guillaume  
BP 95130  
35 650 LE RHEU Cedex

*A l'attention de Mr JOUAULT REGIS*



## **RAPPORT D'ASSISTANCE TECHNIQUE**

### **ETUDE DE SELECTIVITE DES PROTECTIONS HAUTE TENSION**

CODE PRESTATION : EL0033

Site concerné :  
**CHRU BREST – CAVALE BLANCHE  
(29)**

Date d'intervention : 15/12/2021



APAVE NO SAS  
Avenue de la Croix Verte  
CS 15325  
35653 Le Rheu Cedex  
Tél. : 02 99 14 71 60 - Fax : 02 99 14 84 94

**APAVE NORD OUEST SAS**  
agence de Rennes  
avenue de la Croix Verte  
CS 15325  
35653 LE RHEU CEDEX

Tél. : 02 99 14 71 60 - Fax : 02 99 14 84 94

**SPIE Ouest Centre - Agence IGE**

1, rue Gros Guillaume  
BP 95130  
35 650 LE RHEU Cedex

*A l'attention de Mr JOUAULT  
REGIS*

## **RAPPORT D'ASSISTANCE TECHNIQUE**

**ETUDE DE SELECTIVITE DES PROTECTIONS HAUTE TENSION  
CHRU BREST (CAVALE BLANCHE) (29)**

CODE PRESTATION : EL0020

**Adresse(s) d'expédition :**

1 Ex **SPIE Ouest Centre - Agence IGE**  
1, rue Gros Guillaume  
BP 95130  
35 650 LE RHEU Cedex  
*A l'attention de Mr JOUAULT REGIS*

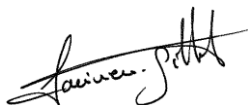
**Intervenant :**

Christophe LARIVIERE-GILLET (Apave NO SAS)

**Responsable technique :**

Christophe LARIVIERE-GILLET (Apave NO SAS)

**Signature**



**Pièces jointes :**

- Sans objet

## SOMMAIRE

<b>1.</b>	<b>PRESENTATION .....</b>	<b>5</b>
1.1	Généralités .....	5
1.2	Documents de référence.....	5
<b>2.</b>	<b>DONNEES SAISIES.....</b>	<b>6</b>
2.1	Caractéristiques des composants .....	6
2.2	Synoptique modélisé POSTES DE LIVRAISON ENEDIS / POSTES DE REPARTITION et SECOURS GE .....	9
2.3	Synoptique modélisé SITE COMPLET CHRU CAVALE BLANCHE .....	10
<b>3.</b>	<b>ETABLISSEMENT DES CONFIGURATIONS DE CALCUL.....</b>	<b>11</b>
3.1	Généralités .....	11
3.2	Configuration MAX1 ENEDIS.....	12
3.3	Configuration MAX2 ENEDIS (couplage fugitif – limité à 30" au maximum).....	12
3.4	Configuration MIN 1A ( Ensemble du site en antenne depuis ENEDIS1) .....	13
3.5	Configuration MIN 1B ( Ensemble du site en antenne depuis ENEDIS 2) .....	14
3.6	Configuration MIN 2/3/4A (alimentation via GE) .....	15
3.7	Configuration MIN 2/3/4B (alimentation via GE) .....	16
<b>4.</b>	<b>VALEURS DES COURANTS DE DEFAUT PAR POSTE.....</b>	<b>17</b>
4.1	Présentation.....	17
4.2	Valeurs significatives des courants de défaut .....	18
4.2.1	Poste LIVRAISON ET CENTRALE GE.....	18
4.2.2	Poste P1 .....	20
4.2.3	Poste CUISINE .....	21
4.2.4	Poste BIOLOGIE .....	21
4.2.5	Poste P2 .....	22
4.2.6	Poste P3 .....	23
4.2.7	Poste P4 .....	23
4.2.8	Poste ICI 1 .....	24
4.2.9	Poste ICI 2 .....	24
4.2.10	Poste US.....	25
<b>5.</b>	<b>COURANTS ADMISSIBLES DANS LES BOUCLES HTA.....</b>	<b>26</b>
5.1	Mode de pose et courants admissibles.....	26
<b>6.</b>	<b>REGLAGES DES PROTECTIONS C13-100 – CHRU -1 .....</b>	<b>27</b>
6.1	Seuils de la protection entre phases PDL – CHRU 1 .....	27
6.2	Seuils de la protection homopolaire .....	27
<b>7.</b>	<b>REGLAGES DES PROTECTIONS C13-100 – CHRU -2 .....</b>	<b>28</b>
7.1	Seuils de la protection entre phases PDL – CHRU 2.....	28
7.2	Seuils de la protection homopolaire .....	28
<b>8.</b>	<b>COURANTS D'ENCLenchement .....</b>	<b>29</b>
8.1	Généralités .....	29
8.2	Courant d'enclenchement théorique vu par le DJ C13-100 .....	30
8.3	Courant d'enclenchement théorique vu par la tête de boucle A.....	31
<b>9.</b>	<b>DETERMINATION ET COORDINATION DES PROTECTIONS C13-200 .....</b>	<b>32</b>
9.1	Principes de protection .....	32
9.1.1	Sélectivité Ampèremétrique : .....	32
9.1.2	Sélectivité Chronométrique : .....	32
9.1.3	Sélectivité Logique : .....	32
9.1.4	Seuils directionnels.....	33
9.1.5	Protection des transformateurs HTA/BT par disjoncteur au primaire.....	34
9.2	Protection contre les défauts polyphasés .....	35
9.2.1	Protections encadrant la liaison inter PDL (PL1-GE et PL2-GE) et inter PR (PR1-PR2 et PR2-PR1).....	35
9.2.2	Protections départs boucles 20kV PR1 / PR2 vers Boucle A et Boucle B .....	37
9.2.3	Protections primaires des TR ICI1 / ICI2 (1600kVA).....	39
9.2.4	Protection primaire du TR servitude (160kVA).....	40

9.2.5	Protections Générales GE S1 _ GE S2 .....	41
9.2.6	Protections des départs 20kV vers GE - DGE1/DGE2/DGE3/DGE4 .....	42
9.2.7	Protections des départs 20kV vers Poste US - DGE12_US .....	43
9.2.8	Protections primaires des TR US ICI / US 12 / US 34 (1600kVA / 800kVA / 800kVA) .....	44
9.3	Protection contre les défauts homopolaires .....	45
9.3.1	Contexte des sources homopolaires du site .....	45
9.3.1.1	Courants capacitifs du site .....	45
9.3.1.2	Fonctionnement « NORMAL » sur ENEDIS .....	46
9.3.1.3	Fonctionnement « ILOTE » sur générateur homopolaire .....	46
9.3.2	Protections encadrant la liaison inter PDL (PL1-GE et PL2-GE) et inter PR (PR1-PR2 et PR2-PR1) .....	47
9.3.3	Protections départs boucles 20kV PR1 / PR2 vers Boucle A et Boucle B .....	49
9.3.4	Protections primaires des TR ICI1 / ICI2 (1600kVA) .....	50
9.3.5	Protection primaire du TR servitude .....	51
9.3.6	Protections générales homopolaire (ILOTE) – Générateurs homopolaires .....	52
9.3.7	Protections GE S1 _ GE S2 .....	53
9.3.8	Protections des départs 20kV vers GE - DGE1/DGE2/DGE3/DGE4 .....	54
9.3.9	Protections des départs 20kV vers Poste US - DGE12_US .....	55
9.3.10	Protections primaires des TR US ICI / US 12 / US 34 (1600kVA / 800kVA / 800kVA) .....	55
<b>10.</b>	<b>SYNTHESE DU PLAN DE PROTECTION HTA .....</b>	<b>56</b>
10.1	Rappels et généralités .....	56
10.2	Synthèse des liens logiques .....	57
10.3	Synthèse jeu de réglages / conditions d'activation .....	57
<b>11.</b>	<b>INDICATEURS DE PASSAGE DU DEFAUT .....</b>	<b>58</b>
<b>12.</b>	<b>FUSIBLES HTA .....</b>	<b>59</b>
12.1	Synthèse sélectivité entre fusible HTA et les protections des départs de boucles (En config ENEDIS et en config GE iloté) en cas de défaut court-circuit HTA. ....	61
12.2	Sélectivité entre fusible HTA et les protections des départs de boucles en cas de défaut homopolaire HTA. ....	62
<b>13.</b>	<b>ANNEXES .....</b>	<b>63</b>

## 1. PRESENTATION

### 1.1 Généralités

L'Objet de cette note technique est d'analyser la sélectivité des protections du réseau électrique haute tension du site CHRU BREST - CAVALE BLANCHE (29) dans le cadre de la refonte du réseau électrique HTA suivant synoptique [DR01].

Au préalable, nous calculons et présentons dans ce document les amplitudes des courants de défaut entre phases ou à la terre avec les sources Min / Max et dans les configurations réseaux extrêmes (point d'ouverture des boucles) de telle sorte que pour chaque poste HTA les courants Min et Max attendus soient connus.

La sélectivité sera illustrée graphiquement à l'aide de diagrammes.

Est exclu de la présente analyse :

- La définition de la structure HTA à analyser (c'est une donnée d'entrée).
- Le load Flow, L'analyse de la sélectivité et le plan de réglage coté BT.
- Les règles d'activation et d'inhibition de la protection de découplage.
- L'établissement de l'analyse fonctionnelle et règles d'exploitation

### 1.2 Documents de référence

L'analyse est réalisée sur l'ensemble du réseau HT, qui a été saisi à partir des documents suivants :

- [DR01] Synoptique « 21.550170.CFO.100.C - ARCHITECTURE HTA CAVALE BLANCHE » ind C du 23/09/2021 transmis par mail le 01/12/2021 17 :51 (David HARIVEL - SPIE)
- [DR02] Les paramètres de la source amont (ENEDIS) (Ik Min / Ik Max) dans le document « caractéristiques ENEDIS.pdf ind B du 28/06/21 » transmis par mail le 09/09/2021 12 :11 (Simon GOINVIC SPIE)
- [DR03] Fiche technique alternateur KH08560TO4D transmis par mail le 09/09/2021 12 :11 (Simon GOINVIC SPIE)
- [DR04] Dernier PV C13-100 / C15-400 (PDL1) existant du 23/10/2019 (PV de première mise en service) transmis par mail le 09/09/2021 12 :11 (Simon GOINVIC SPIE)
- [DR05] Fiche technique transformateur élévateur transmis par mail le 01/12/2021 17 :51 (David HARIVEL - SPIE)
- Les paramètres des TC au PR1 et PR2 transmis par mail le 06/12/2021 11 :29 (Simon GOINVIC SPIE)
- couplage des TC C13-100 au PDL1 en 300/1 confirmé par mail le 06/12/2021 11 :29 (Simon GOINVIC SPIE)
- Remplacement du SEPAM 2000 PR1 vers poste 4 prévu par easergy P3 par mail le 06/12/2021 11 :29 (Simon GOINVIC SPIE)

Révision	Date	Objet de la modification
A	15/12/2021	Création (rapport N°21347467)
B	21/03/2022	Prise en compte demande mail SPIE du 14/02/2022
C	09/05/2022	Prise en compte demande mail SPIE du 06/05/2022
D	16/01/2023	Prise en compte mail du 11/01/2023, adaptation réglage homopolaire DJ US

## 2. DONNEES SAISIES

### 2.1 Caractéristiques des composants

Les caractéristiques électriques des divers composants du réseau sont présentées dans les tableaux qui suivent. Les valeurs ont été obtenues à partir des éléments fournis dans les documents cités précédemment.

#### ARRIVEES DU RESEAU EXTERIEUR

Nom	Ik2"min	Ik3"min	Ik3"max	Sk"min	Sk"max	R/X		Re	Xe
	kA	kA	kA	MVA	MVA	Min	Max	Ohm	Ohm
ENEDIS PDL1	2,622	3,027	5,162	104,86	178,82	0,1	0,2	38,5	0
ENEDIS PDL2	2,67	3,083	5,109	106,795	176,98	0,1	0,2	38,5	0

xx Court-circuit maximum et minimum ont été transmis par ENEDIS.

SLT amont : impédant, Impédance homopolaire équivalente à un courant de limitation de **300A** pour PDL1 et PDL2. Pas de neutre compensé pour ces deux sources ENEDIS

#### TRANSFORMATEURS HTA/BT

Nom	Poste	JDB		Tens. nom. HT	Tens. nom. BT	Puiss. nom.	Tension C-C	Couplage	Point neutre BT
		Côté HT	Côté BT	kV	kV	MVA	%		C = TN ; NC = ISOLE
TR1 P1	P1	xHT TR1 P1	xBT TR1 P1	20	0,41	0,8	4,5 Dyn11	Connecté	
TR2 P1	P1	xHT TR2 P1	xBT TR2 P1	20	0,41	0,8	4,5 Dyn11	Connecté	
TR3 P1	P1	xHT TR3 P1	xBT TR3 P1	20	0,41	0,8	4,5 Dyn11	Connecté	
TR1 P2	P2	xHT TR1 P2	xBT TR1 P2	20	0,41	0,8	4,5 Dyn11	Connecté	
TR2 P2	P2	xHT TR2 P2	xBT TR2 P2	20	0,41	0,8	4,5 Dyn11	Connecté	
TR3 P2	P2	xHT TR3 P2	xBT TR3 P2	20	0,41	0,8	4,5 Dyn11	Connecté	
TR1 P3	P3	xHT TR1 P3	xBT TR1 P3	20	0,41	0,8	4,5 Dyn11	Connecté	
TR1 P4	P4	xHT TR1 P4	xBT TR1 P4	20	0,41	0,8	4,5 Dyn11	Connecté	
TR2 P4	P4	xHT TR2 P4	xBT TR2 P4	20	0,41	0,8	4,5 Dyn11	Connecté	
TR1 P Biologie	P Biologie	xHT TR1 P Biologie	xBT TR1 P Biologie	20	0,41	1,25	6 Dyn11	Connecté	
TR1 P Cuisine	P Cuisine	xHT TR1 P Cuisine	xBT TR1 P Cuisine	20	0,41	0,8	6 Dyn11	Connecté	
TR1 P ICI1	P ICI1	xHT TR1 P ICI1	xBT TR1 P ICI1	20	0,41	1,6	6 Dyn11	Connecté	
TR1 P ICI2	P ICI2	xHT TR1 P ICI2	xBT TR1 P ICI2	20	0,41	1,6	6 Dyn11	Connecté	
TR Serv.	P GE	xHT TR Serv.	xBT TR Serv.	20	0,41	0,16	6 Dyn11	Connecté	
TR US 12	P US12	xHT TR US 12	xBT TR US 12	20	0,41	0,8	4,5 Dyn11	Connecté	
TR US 34	P US32	xHT TR US 34	xBT TR US 34	20	0,41	0,8	4,5 Dyn11	Connecté	
TR US ICI	P US ICI	xHT TR US ICI	xBT TR US ICI	20	0,41	1,6	6 Dyn11	Connecté	
TR GE1	P GE	xHT TR GE1	xBT GE1	21	0,4	2,8	6 Dyn11	-	
TR GE2	P GE	xHT TR GE2	xBT GE2	21	0,4	2,8	6 Dyn11	-	
TR GE3	P GE	xHT TR GE3	xBT GE3	21	0,4	2,8	6 Dyn11	-	
TR GE4	P GE	xHT TR GE4	xBT GE4	21	0,4	2,8	6 Dyn11	-	

(TR xx) Transformateurs élévateurs GE

#### MACHINES SYNCHRONES – 1500Trs/min (4poles)

Nom	JDB	Type alternateur	Tens. nom.	Puiss.App. (*)	Fact. Puiss.	Impédances caractéristiques	
			kV	MVA		x"d sat (%)	λ (...*InGE) (Ik permanent)
GE1	xBT GE1	GE 2750KVA KOHLER	0,4	2,75	0,8	11,2	3
GE2	xBT GE2	GE 2750KVA KOHLER	0,4	2,75	0,8	11,2	3
GE3	xBT GE3	GE 2750KVA KOHLER	0,4	2,75	0,8	11,2	3
GE4	xBT GE4	GE 2750KVA KOHLER	0,4	2,75	0,8	11,2	3

(\*) Sn Classe H 40°C - service continu / Freq 50Hz

## LIAISONS HTA

Nom	JDB		Tens. nom.	Mat. cond.	Type câble	Longueur km	Nb en //	R'(AC,20°C) Ohm/km	L' mH/km	C0 uF	Temp. max. fin. degC
	Tenant	Aboutissant	kV								
C A1	P4	PR1	20	Aluminium	095mm² unipolaire	0,1	1	0,32	0,39	0,21	250
C A2	P4	P3	20	Aluminium	095mm² unipolaire	0,1	1	0,32	0,39	0,21	250
C A3	P3	P2	20	Aluminium	095mm² unipolaire	0,177	1	0,32	0,39	0,21	250
C A4_1	P2	xcuisine	20	Aluminium	095mm² unipolaire	0,33	1	0,32	0,39	0,21	250
C A4_2	P Biologie	xcuisine	20	Aluminium	095mm² unipolaire	0,015	1	0,32	0,39	0,21	250
C A5	P Biologie	P Cuisine	20	Aluminium	095mm² unipolaire	0,015	1	0,32	0,39	0,21	250
C A6	P1	P Cuisine	20	Aluminium	095mm² unipolaire	0,388	1	0,32	0,39	0,21	250
C A7	P1	PR2	20	Aluminium	095mm² unipolaire	0,48	1	0,32	0,39	0,21	250
C A P1P2	P1	P2	20	Aluminium	095mm² unipolaire	0,09	1	0,32	0,39	0,21	250
C_TR1 P Biologie	xHT TR1 P Biologie	xFu HTA TR1 P Biologie	20	Aluminium	050mm² unipolaire	0,01	1	0,641	0,44	0,17	250
C_TR1 P Cuisine	xHT TR1 P Cuisine	xFu HTA TR1 P Cuisine	20	Aluminium	050mm² unipolaire	0,01	1	0,641	0,44	0,17	250
C_TR1 P1	xHT TR1 P1	xFu HTA TR1 P1	20	Aluminium	025mm² unipolaire	0,013	1	1,2	0,51	0,13	250
C_TR1 P2	xHT TR1 P2	xFu HTA TR1 P2	20	Aluminium	025mm² unipolaire	0,019	1	1,2	0,51	0,13	250
C_TR1 P3	xHT TR1 P3	xFu HTA TR1 P3	20	Aluminium	025mm² unipolaire	0,015	1	1,2	0,51	0,13	250
C_TR1 P4	xHT TR1 P4	xFu HTA TR1 P4	20	Aluminium	050mm² unipolaire	0,01	1	0,641	0,44	0,17	250
C_TR2 P1	xHT TR2 P1	xFu HTA TR2 P1	20	Aluminium	025mm² unipolaire	0,015	1	1,2	0,51	0,13	250
C_TR2 P2	xHT TR2 P2	xFu HTA TR2 P2	20	Aluminium	025mm² unipolaire	0,017	1	1,2	0,51	0,13	250
C_TR2 P4	xHT TR2 P4	xFu HTA TR2 P4	20	Aluminium	050mm² unipolaire	0,01	1	0,641	0,44	0,17	250
C_TR3 P1	xHT TR3 P1	xFu HTA TR3 P1	20	Aluminium	025mm² unipolaire	0,017	1	1,2	0,51	0,13	250
C_TR3 P2	xHT TR3 P2	xFu HTA TR3 P2	20	Aluminium	025mm² unipolaire	0,015	1	1,2	0,51	0,13	250
C B1	P ICI 2	PR1	20	Aluminium	095mm² unipolaire	0,52	1	0,32	0,39	0,21	250
C B2	P ICI 1	P ICI 2	20	Aluminium	095mm² unipolaire	0,045	1	0,32	0,39	0,21	250
C B3	P ICI 1	PR2	20	Aluminium	095mm² unipolaire	0,06	1	0,32	0,39	0,21	250
C_TR1 P ICI1	xHT TR1 P ICI1	xDJ TR1 P ICI1	20	Aluminium	050mm² unipolaire	0,01	1	0,641	0,44	0,17	250
C_TR1 P ICI2	xHT TR1 P ICI2	xDJ TR1 P ICI2	20	Aluminium	050mm² unipolaire	0,01	1	0,641	0,44	0,17	250
C US	P US	- JDB S1 GE12	20	Aluminium	095mm² unipolaire	0,015	1	0,32	0,39	0,21	250
C US 12	P US 12	P US	20	Aluminium	050mm² unipolaire	0,5	1	0,641	0,44	0,17	250
C US 34	P US 34	P US	20	Aluminium	050mm² unipolaire	0,62	1	0,641	0,44	0,17	250
C US ICI	P US ICI	P US	20	Aluminium	050mm² unipolaire	0,72	1	0,641	0,44	0,17	250
C TR US 12	xHT TR US 12	P US 12	20	Aluminium	050mm² unipolaire	0,01	1	0,641	0,44	0,17	250
C TR US 34	xHT TR US 34	P US 34	20	Aluminium	050mm² unipolaire	0,01	1	0,641	0,44	0,17	250
C TR US ICI	xHT TR US ICI	P US ICI	20	Aluminium	050mm² unipolaire	0,01	1	0,641	0,44	0,17	250
C PDL_PR1	JDB C13-100_PDL1	PR1	20	Aluminium	150mm² unipolaire	0,04	1	0,32	0,39	0,21	250
C PDL_PR2	JDB C13-100_PDL2	PR2	20	Aluminium	150mm² unipolaire	0,015	1	0,206	0,35	0,24	250
C PR1_PR2	PR2	- PR1	20	Aluminium	150mm² unipolaire	0,5	1	0,206	0,35	0,24	250
C PDL1_PGE12	JDB C13-100_PDL1	JDB S1 GE12	20	Aluminium	150mm² unipolaire	0,7	1	0,206	0,35	0,24	250
C PDL2_PGE34	JDB C13-100_PDL2	JDB S2 GE34	20	Aluminium	150mm² unipolaire	0,7	1	0,206	0,35	0,24	250
C GE12_GE34	JDB S2 GE34	JDB S1 GE12	20	Aluminium	150mm² unipolaire	0,015	1	0,206	0,35	0,24	250
C GE1234	- JDB S2 GE34	- JDB S1 GE12	20	Aluminium	150mm² unipolaire	0,015	1	0,206	0,35	0,24	250
C TR Serv.	xHT TR Serv.	JDB S2 GE34	20	Aluminium	050mm² unipolaire	0,02	1	0,641	0,44	0,17	250
C_TR GE1	xHT TR GE1	- JDB S1 GE12	20	Aluminium	050mm² unipolaire	0,02	1	0,641	0,44	0,17	250
C_TR GE2	xHT TR GE2	- JDB S1 GE12	20	Aluminium	050mm² unipolaire	0,02	2	0,641	0,44	0,17	250
C_TR GE3	xHT TR GE3	- JDB S2 GE34	20	Aluminium	050mm² unipolaire	0,02	3	0,641	0,44	0,17	250
C_TR GE4	xHT TR GE4	- JDB S2 GE34	20	Aluminium	050mm² unipolaire	0,02	4	0,641	0,44	0,17	250

xx Boucle A  
xx Boucle B  
xx Distribution Ultime

## GENERATEUR HOMOPOLAIRE

Nom	JDB	Courant de limitation / défaut
		kA
GH1	- JDB GE S1	0,05
GH2	- JDB GE S2	0,05

Courant de limitation= 50A / 5s

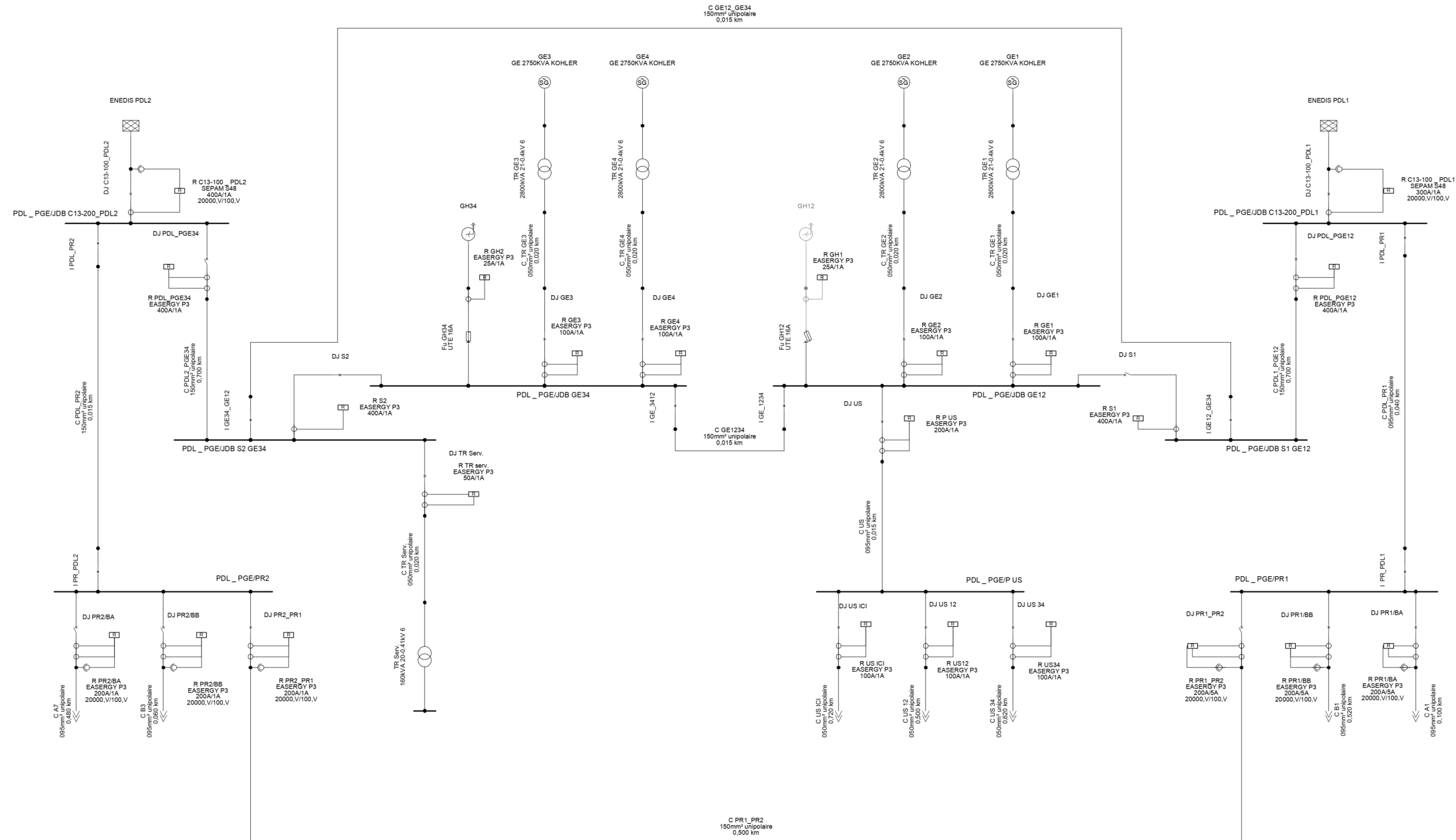
Courant permanent admissible = 15A

## FUSIBLES

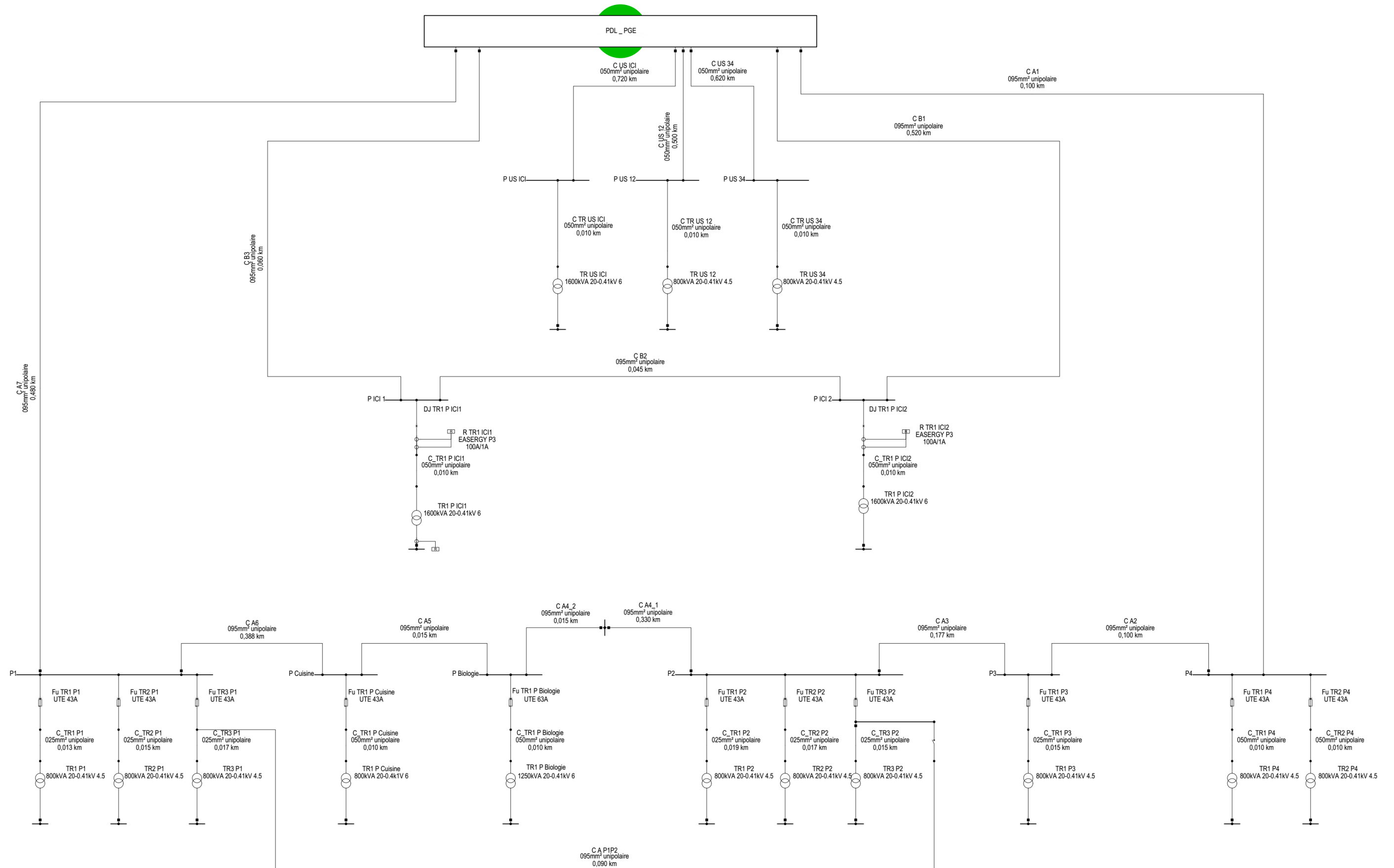
Nom	JDB		Tens. nom.	Type
	Amont	Aval	kV	
Fu GH12	xFu GH1	-	20	UTE 16A
Fu GH34	xFu GH2	-	20	UTE 16A
Fu TR1 P Biologie	xFu TR1 P Biologie	P Biologie	20	UTE 63A
Fu TR1 P Cuisine	xFu TR1 P Cuisine	P Cuisine	20	UTE 43A
Fu TR1 P1	xFu TR1 P1	P1	20	UTE 43A
Fu TR2 P1	xFu TR2 P1	P1	20	UTE 43A
Fu TR3 P1	xFu TR3 P1	P1	20	UTE 43A
Fu TR1 P2	xFu TR1 P2	P2	20	UTE 43A
Fu TR2 P2	xFu TR2 P2	P2	20	UTE 43A
Fu TR3 P2	xFu TR3 P2	P2	20	UTE 43A
Fu TR1 P3	xFu TR1 P3	P3	20	UTE 43A
Fu TR1 P4	xFu TR1 P4	P4	20	UTE 43A
Fu TR2 P4	xFu TR2 P4	P4	20	UTE 43A



## 2.2 Synoptique modélisé POSTES DE LIVRAISON ENEDIS / POSTES DE REPARTITION et SECOURS GE



### 2.3 Synoptique modélisé SITE COMPLET CHRU CAVALE BLANCHE



### 3. ETABLISSEMENT DES CONFIGURATIONS DE CALCUL

#### 3.1 Généralités

Deux types de configurations seront présentés ci-après :

La configuration MAX permettant de déterminer les courants de court-circuit extrêmes servant de base pour valider le pouvoir de coupure, pouvoir de fermeture et tenue électrodynamique des équipements du réseau.

Les configurations MIN permettant de synthétiser pour chaque poste le courant de court-circuit minimum attendu dans le cas d'une source amont faible (Scc ENEDIS Min ou GE), et ce, quelque soit le point d'ouverture des boucles. Les courants de court-circuit min calculés permettent également de valider les réglages des protections du réseau 20kV du site (départ de boucle, protection TR, protection centrale GE, ...) afin d'assurer leur déclenchement même sur des défauts éloignés. Dans le cas présent 2 configurations réseau MIN A / MIN B (en fonction des points d'ouverture du réseau) ont été mises en regard de 4 sources faibles (source ENEDIS Min, 2 GE Min, 3 GE Min, 4 GE Min) soit huit configurations MIN.

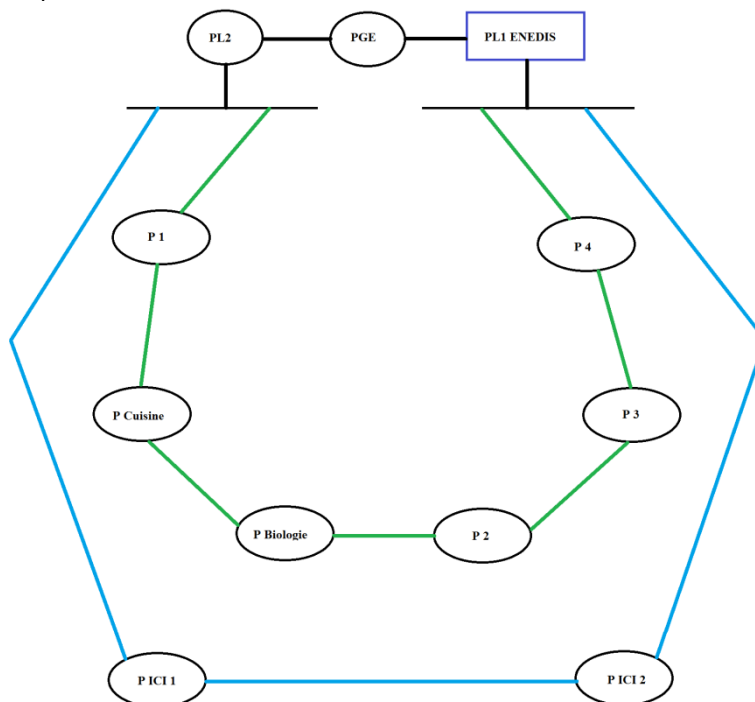
Pour la basse tension, en configuration MAX et MIN les calculs ont été réalisés sans couplage coté BT. Le calcul sur le nœud BT du TR permettant de connaître les courant Min et Max susceptible de traverser la branche TR.

Pour validation de la performance des équipements coté BT (Pdc, Pdf, Ikth) se référer la note de calcul BT.

Aucun couplage BT présenté sur [DR01].

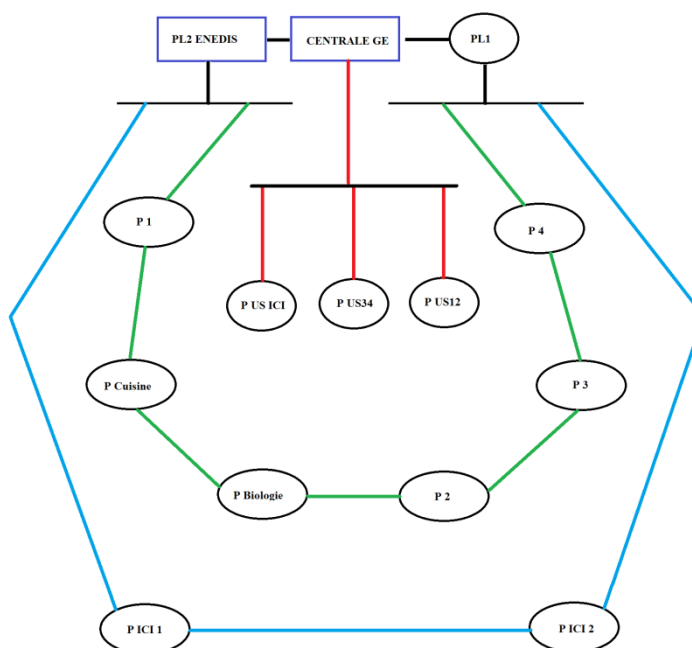
### 3.2 Configuration MAX1 ENEDIS

Calculs réalisés ensemble des boucles internes fermées avec source ENEDIS –PDL1 (Scc amont = Max),  
La centrale GE est OFF  
Aucun générateur homopolaire actif (SLT fixé par le réseau extérieur)  
Les postes Ultimes ne sont pas alimentés.



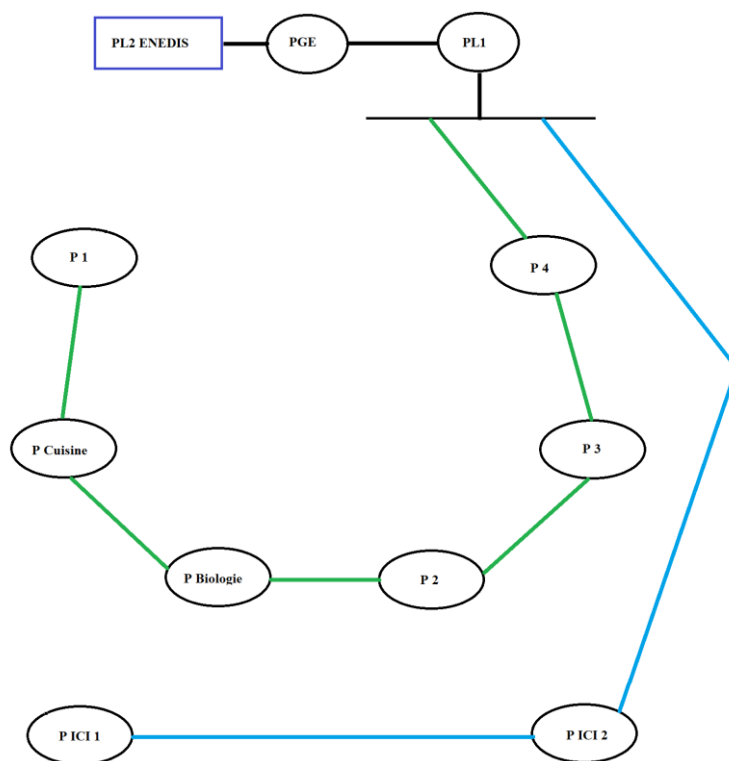
### 3.3 Configuration MAX2 ENEDIS (couplage fugitif – limité à 30'' au maximum)

Calculs réalisés ensemble des boucles internes fermées avec source ENEDIS –PDL2 (Scc amont = Max),  
La centrale GE est OFF (couplage fugitif uniquement)  
Aucun générateur homopolaire actif (SLT fixé par le réseau extérieur)





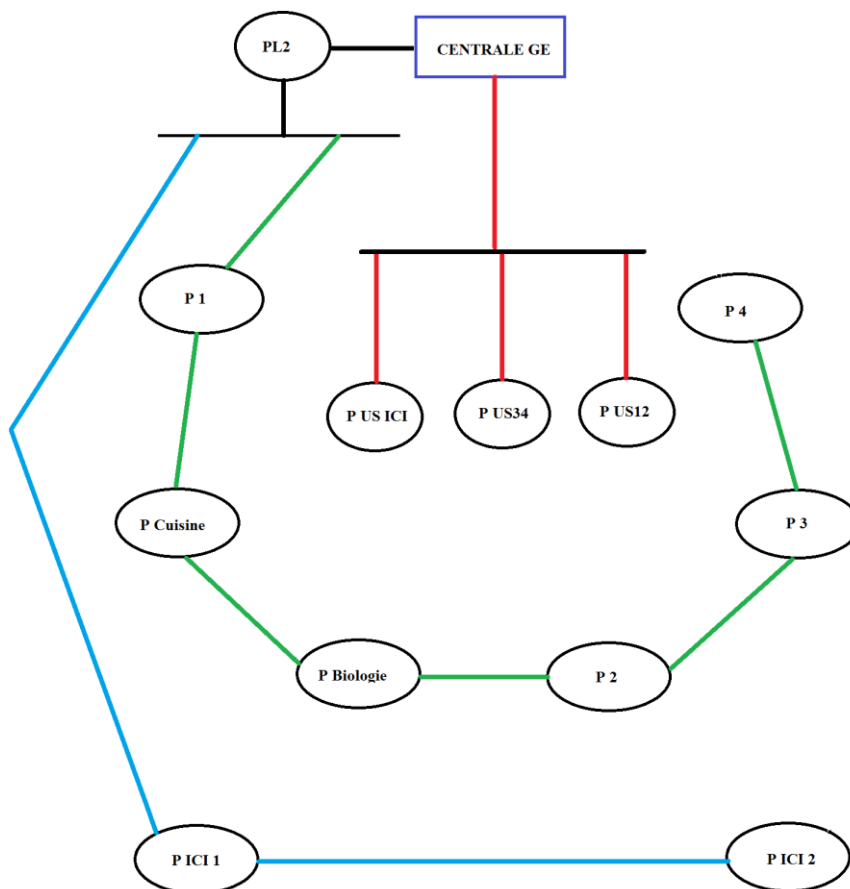
### 3.5 Configuration MIN 1B ( Ensemble du site en antenne depuis ENEDIS 2)



Configuration de calculs **MIN 1 B** :

CENTRALE GE / GH	NON / GH = NON
ENEDIS PDL 2	OUI avec Scc ENEDIS =MIN (C13-100 PL1 = OFF)

### 3.6 Configuration MIN 2/3/4A (alimentation via GE)



Configuration de calculs **MIN 2 A** :

CENTRALE GE / GH	OUI 2 GE ACTIFS / GH ACTIF
ENEDIS PDL	NON

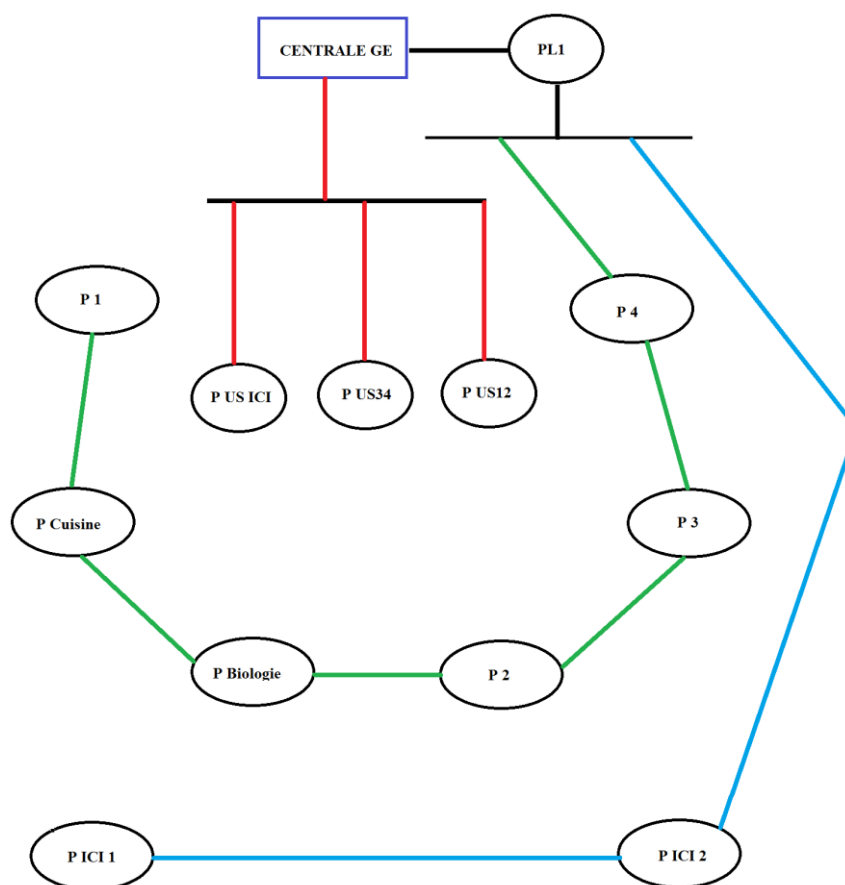
Configuration de calculs **MIN 3 A** :

CENTRALE GE / GH	OUI 3 GE ACTIFS / GH ACTIF
ENEDIS PDL	NON

Configuration de calculs **MIN 4 A** :

CENTRALE GE / GH	OUI 4 GE ACTIFS / GH ACTIF
ENEDIS PDL	NON

### 3.7 Configuration MIN 2/3/4B (alimentation via GE)



Configuration de calculs **MIN 2 A** :

CENTRALE GE / GH	OUI 2 GE ACTIFS / GH ACTIF
ENEDIS PDL	NON

Configuration de calculs **MIN 3 A** :

CENTRALE GE / GH	OUI 3 GE ACTIFS / GH ACTIF
ENEDIS PDL	NON

Configuration de calculs **MIN 4 A** :

CENTRALE GE / GH	OUI 4 GE ACTIFS / GH ACTIF
ENEDIS PDL	NON



## 4. VALEURS DES COURANTS DE DEFAUT PAR POSTE

### 4.1 Présentation

Les valeurs des courants de défaut sont calculées par le logiciel DIG SILENT-POWER FACTORY conformément à la NF EN 60 909. Les résultats sont présentés sous forme de tableaux de synthèse en fonction des différentes configurations du réseau étudié.

Dans chaque cas, les courants indiqués sont les suivants :

- Initial  **$I''k3$**  = Valeur efficace du courant de défaut triphasé initial (subtransitoire)
- Crête  **$I_p$**  = Valeur crête du courant à 10 ms
- Coupé  **$I_b$**  = Valeur efficace du courant symétrique coupé pour le temps mort minimum du disjoncteur (Mini temps)
- Composante continue  **$IDC$**  = valeur efficace du courant continu pour la même base de temps que la composante symétrique
- Permanent  **$I_k3$**  = Valeur efficace du courant de défaut triphasé permanent
- Monophasé  **$I''k1$**  = Valeur efficace d'un courant de défaut phase terre
- Biphasé  **$I''k2$**  = Valeur efficace du courant de défaut biphasé initial (subtransitoire)
- Biphasé terre  **$I''k2E$**  = Valeur efficace initiale d'un courant de défaut biphasé+terre (L2+L3+TERRE)

## 4.2 Valeurs significatives des courants de défaut

### 4.2.1 Poste LIVRAISON ET CENTRALE GE

Repère	Niveau de tension [kV]	Config	Courant de court-circuit triphasé				Courant de court-circuit biphasé				Courant de court-circuit biphasé à la terre				Courant de court-circuit entre phase et terre				Idc [kA]	R/X
			Ik"3 [kA]	Ip3 [kA]	Ib3 [kA]	Ik3 [kA]	Ik"2 [kA]	Ip2 [kA]	Ib2 [kA]	Ik2 [kA]	Ik"2e [kA]	Ip2e [kA]	Ib2e [kA]	Ik2e [kA]	Ik"1 [kA]	Ip1 [kA]	Ib1 [kA]	Ik1 [kA]		
JDB C13-200_PDL1	20	MAX 1	5,162	12,746	5,162	5,162	4,470	9,849	4,470	4,470	4,551	10,025	4,551	4,551	0,326	0,718	0,326	0,326	0,315	0,100
	20	MAX 2	6,834	15,859	6,497	6,834	5,320	12,344	5,320	5,320	5,412	12,559	5,412	5,412	0,326	0,756	0,326	0,326	0,209	0,152
	20	MIN 1A	3,027		3,027	3,027	2,621		2,621	2,621	2,549		2,549	2,549	0,294		0,294	0,294	0,008	0,200
	20	MIN 1B	2,857		2,857	2,857	2,475		2,475	2,475	2,406		2,406	2,406	0,287		0,287	0,287	0,000	0,338
	20	MIN 2A	0,858		0,632	0,434	0,541		0,541	0,541	0,536		0,536	0,536	0,049		0,049	0,049	0,009	0,060
	20	MIN 2B	0,858		0,632	0,434	0,541		0,541	0,541	0,536		0,536	0,536	0,049		0,049	0,049	0,009	0,060
	20	MIN 3A	1,282		0,946	0,650	0,805		0,805	0,805	0,801		0,801	0,801	0,049		0,049	0,049	0,010	0,071
	20	MIN 3A	1,282		0,946	0,650	0,805		0,805	0,805	0,801		0,801	0,801	0,049		0,049	0,049	0,010	0,071
	20	MIN 4A	1,703		1,258	0,866	1,066		1,066	1,066	1,062		1,062	1,062	0,050		0,050	0,050	0,009	0,081
	20	MIN 4B	1,703		1,258	0,866	1,066		1,066	1,066	1,062		1,062	1,062	0,050		0,050	0,050	0,009	0,081
JDB C13-200_PDL2	20	MAX 1	5,045	11,877	5,045	5,045	4,353	9,231	4,353	4,353	4,433	9,399	4,433	4,433	0,325	0,689	0,325	0,325	0,102	0,140
	20	MAX 2	6,992	16,998	6,644	6,992	5,442	13,230	5,442	5,442	5,535	13,457	5,535	5,535	0,327	0,795	0,327	0,327	0,730	0,113
	20	MIN 1A	2,810		2,810	2,810	2,433		2,433	2,433	2,365		2,365	2,365	0,287		0,287	0,287	0,000	0,336
	20	MIN 1B	3,083		3,083	3,083	2,670		2,670	2,670	2,597		2,597	2,597	0,294		0,294	0,294	0,008	0,200
	20	MIN 2A	0,858		0,632	0,434	0,540		0,540	0,540	0,536		0,536	0,536	0,049		0,049	0,049	0,009	0,060
	20	MIN 2B	0,858		0,632	0,434	0,540		0,540	0,540	0,536		0,536	0,536	0,049		0,049	0,049	0,009	0,060
	20	MIN 3A	1,281		0,946	0,650	0,805		0,805	0,805	0,800		0,800	0,800	0,049		0,049	0,049	0,009	0,071
	20	MIN 3A	1,281		0,946	0,650	0,805		0,805	0,805	0,800		0,800	0,800	0,049		0,049	0,049	0,009	0,071
	20	MIN 4A	1,702		1,258	0,866	1,066		1,066	1,066	1,061		1,061	1,061	0,050		0,050	0,050	0,009	0,082
	20	MIN 4B	1,702		1,258	0,866	1,066		1,066	1,066	1,061		1,061	1,061	0,050		0,050	0,050	0,009	0,082
JDB S1 GE12	20	MAX 1	5,037	11,890	5,037	5,037	4,347	9,241	4,347	4,347	4,427	9,410	4,427	4,427	0,325	0,690	0,325	0,325	0,110	0,137
	20	MAX 2	6,878	16,242	6,523	6,878	5,356	12,647	5,356	5,356	5,449	12,866	5,449	5,449	0,326	0,769	0,326	0,326	0,351	0,137
	20	MIN 1A	2,921		2,921	2,921	2,530		2,530	2,530	2,459		2,459	2,459	0,291		0,291	0,291	0,001	0,268
	20	MIN 1B	2,971		2,971	2,971	2,573		2,573	2,573	2,502		2,502	2,502	0,291		0,291	0,291	0,001	0,271
	20	MIN 2A	0,864		0,635	0,435	0,548		0,548	0,548	0,544		0,544	0,544	0,049		0,049	0,049	0,017	0,040
	20	MIN 2B	0,864		0,635	0,435	0,548		0,548	0,548	0,544		0,544	0,544	0,049		0,049	0,049	0,017	0,040
	20	MIN 3A	1,295		0,953	0,652	0,821		0,821	0,821	0,817		0,817	0,817	0,049		0,049	0,049	0,025	0,040
	20	MIN 3A	1,295		0,953	0,652	0,821		0,821	0,821	0,817		0,817	0,817	0,049		0,049	0,049	0,025	0,040
	20	MIN 4A	1,727		1,270	0,869	1,095		1,095	1,095	1,091		1,091	1,091	0,050		0,050	0,050	0,033	0,040
	20	MIN 4B	1,727		1,270	0,869	1,095		1,095	1,095	1,091		1,091	1,091	0,050		0,050	0,050	0,033	0,040
JDB S2 GE34	20	MAX 1	5,036	11,881	5,036	5,036	4,346	9,235	4,346	4,346	4,426	9,404	4,426	4,426	0,325	0,690	0,325	0,325	0,108	0,138
	20	MAX 2	6,880	16,254	6,524	6,880	5,357	12,656	5,357	5,357	5,450	12,876	5,450	5,450	0,326	0,770	0,326	0,326	0,356	0,137
	20	MIN 1A	2,919		2,919	2,919	2,528		2,528	2,528	2,457		2,457	2,457	0,290		0,290	0,290	0,001	0,270
	20	MIN 1B	2,973		2,973	2,973	2,575		2,575	2,575	2,504		2,504	2,504	0,291		0,291	0,291	0,001	0,270
	20	MIN 2A	0,863		0,635	0,435	0,548		0,548	0,548	0,543		0,543	0,543	0,049		0,049	0,049	0,017	0,040
	20	MIN 2B	0,863		0,635	0,435	0,548		0,548	0,548	0,543		0,543	0,543	0,049		0,049	0,049	0,017	0,040
	20	MIN 3A	1,295		0,953	0,652	0,821		0,821	0,821	0,817		0,817	0,817	0,049		0,049	0,049	0,024	0,041
	20	MIN 3A	1,295		0,953	0,652	0,821		0,821	0,821	0,817		0,817	0,817	0,049		0,049	0,049	0,024	0,041
	20	MIN 4A	1,726		1,270	0,869	1,094		1,094	1,094	1,090		1,090	1,090	0,050		0,050	0,050	0,032	0,041
	20	MIN 4B	1,726		1,270	0,869	1,094		1,094	1,094	1,090		1,090	1,090	0,050		0,050	0,050	0,032	0,041
JDB GE12	20	MAX 1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	20	MAX 2	6,878	16,242	6,523	6,878	5,356	12,647	5,356	5,356	5,449	12,866	5,449	5,449	0,326	0,769	0,326	0,326	0,351	0,137
	20	MIN 1A	0,000		0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000
	20	MIN 1B	0,000		0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000
	20	MIN 2A	0,864		0,635	0,435	0,548		0,548	0,548	0,544		0,544	0,544	0,049		0,049	0,049	0,017	0,040
	20	MIN 2B	0,864		0,635	0,435	0,548		0,548	0,548	0,544		0,544	0,544	0,049		0,049	0,049	0,017	0,040
	20	MIN 3A	1,295		0,953	0,652	0,821		0,821	0,821	0,817		0,817	0,817	0,049		0,049	0,049	0,025	0,040
	20	MIN 3A	1,295		0,953	0,652	0,821		0,821	0,821	0,817		0,817	0,817	0,049		0,049	0,049	0,025	0,040
	20	MIN 4A	1,727		1,270	0,869	1,095		1,095	1,095	1,091		1,091	1,091	0,050		0,050	0,050	0,033	0,040
	20	MIN 4B	1,727		1,270	0,869	1,095		1,095	1,095	1,091		1,091	1,091	0,050		0,050	0,050	0,033	0,040
JDB GE34	20	MAX 1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	20	MAX 2	6,880	16,254	6,524	6,880	5,357	12,656	5,357	5,357	5,450	12,876	5,450	5,450	0,326	0,770	0,326	0,326	0,356	0,137
	20	MIN 1A	0,000		0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000
	20	MIN 1B	0,000		0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000
	20	MIN 2A	0,863		0,635	0,435	0,548		0,548	0,548	0,543		0,543	0,543	0,049		0,049	0,049	0,017	0,040
	20	MIN 2B	0,863		0,635	0,435	0,548		0,548	0,548	0,543		0,543	0,543	0,049		0,049	0,049	0,017	0,040
	20	MIN 3A	1,295		0,953	0,652	0,822		0,822	0,822	0,817		0,817	0,817	0,050		0,050	0,050	0,025	0,040
	20	MIN 3A	1,295		0,953	0,652	0,822		0,822	0,822	0,817		0,817	0,817	0,050		0,050	0,050	0,025	0,040
	20	MIN 4A	1,727		1,271	0,869	1,096		1,096	1,096	1,091		1,091	1,091	0,050		0,050	0,050	0,034	0,040
	20	MIN 4B	1,727		1,271	0,869	1,096		1,096	1,096	1,091		1,091	1,091	0,050		0,050	0,050	0,034	0,040

Repère	Niveau de tension [kV]	Config	Courant de court-circuit triphasé				Courant de court-circuit biphasé				Courant de court-circuit biphasé à la terre				Courant de court-circuit entre phase et terre				Idc [kA]	R/X
			Ik"3 [kA]	Ip3 [kA]	Ib3 [kA]	Ik3 [kA]	Ik"2 [kA]	Ip2 [kA]	Ib2 [kA]	Ik2 [kA]	Ik"2e [kA]	Ip2e [kA]	Ib2e [kA]	Ik2e [kA]	Ik"1 [kA]	Ip1 [kA]	Ib1 [kA]	Ik1 [kA]		
xBT TR Serv.	0,41	MAX 1	4,023	9,275	4,023	4,023	3,484	8,017	3,484	3,484	4,218	9,706	4,218	4,218	4,057	9,336	4,057	4,057	0,046	0,158
	0,41	MAX 2	4,042	9,317	4,042	4,042	3,495	8,057	3,495	3,495	4,233	9,757	4,233	4,233	4,066	9,373	4,066	4,066	0,046	0,158
	0,41	MIN 1A	3,476		3,476	3,476	3,010		3,010	3,010	3,329		3,329	3,329	3,516		3,516	3,516	0,031	0,161
	0,41	MIN 1B	3,478		3,478	3,478	3,012		3,012	3,012	3,330		3,330	3,330	3,517		3,517	3,517	0,031	0,161
	0,41	MIN 2A	3,570		3,570	3,570	3,048		3,048	3,048	3,292		3,292	3,292	3,657		3,657	3,657	0,037	0,148
	0,41	MIN 2B	3,570		3,570	3,570	3,048		3,048	3,048	3,292		3,292	3,292	3,657		3,657	3,657	0,037	0,148
	0,41	MIN 3A	3,673		3,673	3,673	3,151		3,151	3,151	3,422		3,422	3,422	3,738		3,738	3,738	0,037	0,151
	0,41	MIN 3A	3,673		3,673	3,673	3,151		3,151	3,151	3,422		3,422	3,422	3,738		3,738	3,738	0,037	0,151
	0,41	MIN 4A	3,727		3,727	3,727	3,205		3,205	3,205	3,492		3,492	3,492	3,780		3,780	3,780	0,037	0,153
	0,41	MIN 4B	3,727		3,727	3,727	3,205		3,205	3,205	3,492		3,492	3,492	3,780		3,780	3,780	0,037	0,153

## 4.2.2 Poste P1

Repère	Niveau de tension [kV]	Config	Courant de court-circuit triphasé				Courant de court-circuit biphasé				Courant de court-circuit biphasé à la terre				Courant de court-circuit entre phase et terre				Idc [kA]	R/X
			Ik"3 [kA]	Ip3 [kA]	Ib3 [kA]	Ik3 [kA]	Ik"2 [kA]	Ip2 [kA]	Ib2 [kA]	Ik2 [kA]	Ik"2e [kA]	Ip2e [kA]	Ib2e [kA]	Ik2e [kA]	Ik"1 [kA]	Ip1 [kA]	Ib1 [kA]	Ik1 [kA]		
P1	20	MAX 1	4,989	11,447	4,989	4,989	4,296	8,924	4,296	4,296	4,375	9,088	4,375	4,375	0,324	0,673	0,324	0,324	0,050	0,162
	20	MAX 2	6,784	15,432	6,461	6,784	5,277	12,003	5,277	5,277	5,369	12,212	5,369	5,369	0,326	0,741	0,326	0,326	0,115	0,170
	20	MIN 1A	2,704		2,704	2,704	2,341		2,341	2,341	2,275		2,275	2,275	0,284		0,284	0,284	0,000	0,407
	20	MIN 1B	2,594		2,594	2,594	2,247		2,247	2,247	2,184		2,184	2,184	0,280		0,280	0,280	0,000	0,506
	20	MIN 2A	0,845		0,626	0,432	0,524		0,524	0,524	0,519		0,519	0,519	0,049		0,049	0,049	0,002	0,112
	20	MIN 2B	0,852		0,630	0,433	0,533		0,533	0,533	0,529		0,529	0,529	0,049		0,049	0,049	0,004	0,082
	20	MIN 3A	1,251		0,930	0,647	0,768		0,768	0,768	0,764		0,764	0,764	0,049		0,049	0,049	0,001	0,148
	20	MIN 3B	1,269		0,939	0,649	0,789		0,789	0,789	0,784		0,784	0,784	0,049		0,049	0,049	0,003	0,104
	20	MIN 4A	1,646		1,228	0,860	1,002		1,002	1,002	0,997		0,997	0,997	0,049		0,049	0,049	0,000	0,183
	20	MIN 4B	1,680		1,246	0,864	1,038		1,038	1,038	1,033		1,033	1,033	0,050		0,050	0,050	0,002	0,125
xBT TR1 P1	0,41	MAX 1	24,224	51,664	24,224	24,224	20,961	44,262	20,961	20,961	26,355	55,651	26,355	26,355	25,234	53,285	25,234	25,234	0,027	0,232
	0,41	MAX 2	24,913	52,997	24,913	24,913	21,378	45,476	21,378	21,378	26,922	57,270	26,922	26,922	25,575	54,406	25,575	25,575	0,027	0,235
	0,41	MIN 1A	20,011		20,011	20,011	17,330		17,330	17,330	19,075		19,075	19,075	21,278		21,278	21,278	0,007	0,267
	0,41	MIN 1B	19,922		19,922	19,922	17,253		17,253	17,253	18,920		18,920	18,920	21,228		21,228	21,228	0,004	0,282
	0,41	MIN 2A	15,876		15,584	15,577	12,344		12,344	12,344	14,000		14,000	14,000	17,086		17,086	17,086	0,017	0,191
	0,41	MIN 2B	15,945		15,634	15,622	12,426		12,426	12,426	14,062		14,062	14,062	17,165		17,165	17,165	0,025	0,180
	0,41	MIN 3A	18,123		18,123	18,123	14,487		14,487	14,487	15,635		15,635	15,635	19,285		19,285	19,285	0,013	0,213
	0,41	MIN 3B	18,218		18,218	18,218	14,594		14,594	14,594	15,735		15,735	15,735	19,378		19,378	19,378	0,019	0,200
	0,41	MIN 4A	19,499		19,499	19,499	15,848		15,848	15,848	16,804		16,804	16,804	20,589		20,589	20,589	0,011	0,227
	0,41	MIN 4B	19,612		19,612	19,612	15,970		15,970	15,970	16,932		16,932	16,932	20,689		20,689	20,689	0,017	0,213
xBT TR2 P1	0,41	MAX 1	24,223	51,657	24,223	24,223	20,961	44,256	20,961	20,961	26,355	55,646	26,355	26,355	25,234	53,279	25,234	25,234	0,027	0,232
	0,41	MAX 2	24,912	52,990	24,912	24,912	21,377	45,470	21,377	21,377	26,921	57,264	26,921	26,921	25,575	54,399	25,575	25,575	0,027	0,235
	0,41	MIN 1A	20,010		20,010	20,010	17,329		17,329	17,329	19,073		19,073	19,073	21,278		21,278	21,278	0,006	0,267
	0,41	MIN 1B	19,921		19,921	19,921	17,252		17,252	17,252	18,918		18,918	18,918	21,227		21,227	21,227	0,004	0,282
	0,41	MIN 2A	15,876		15,583	15,577	12,343		12,343	12,343	13,999		13,999	13,999	17,085		17,085	17,085	0,017	0,191
	0,41	MIN 2B	15,945		15,634	15,622	12,425		12,425	12,425	14,061		14,061	14,061	17,164		17,164	17,164	0,025	0,180
	0,41	MIN 3A	18,122		18,122	18,122	14,486		14,486	14,486	15,635		15,635	15,635	19,285		19,285	19,285	0,013	0,213
	0,41	MIN 3B	18,217		18,217	18,217	14,593		14,593	14,593	15,734		15,734	15,734	19,377		19,377	19,377	0,019	0,201
	0,41	MIN 4A	19,498		19,498	19,498	15,847		15,847	15,847	16,802		16,802	16,802	20,588		20,588	20,588	0,011	0,227
	0,41	MIN 4B	19,611		19,611	19,611	15,969		15,969	15,969	16,931		16,931	16,931	20,688		20,688	20,688	0,017	0,213
xBT TR3 P1	0,41	MAX 1	24,222	51,650	24,222	24,222	20,960	44,251	20,960	20,960	26,355	55,641	26,355	26,355	25,233	53,273	25,233	25,233	0,026	0,233
	0,41	MAX 2	24,911	52,983	24,911	24,911	21,376	45,464	21,376	21,376	26,921	57,258	26,921	26,921	25,574	54,393	25,574	25,574	0,027	0,235
	0,41	MIN 1A	20,009		20,009	20,009	17,328		17,328	17,328	19,071		19,071	19,071	21,277		21,277	21,277	0,006	0,267
	0,41	MIN 1B	19,919		19,919	19,919	17,251		17,251	17,251	18,917		18,917	18,917	21,227		21,227	21,227	0,004	0,282
	0,41	MIN 2A	15,875		15,583	15,576	12,342		12,342	12,342	13,999		13,999	13,999	17,085		17,085	17,085	0,017	0,191
	0,41	MIN 2B	15,944		15,634	15,622	12,424		12,424	12,424	14,060		14,060	14,060	17,163		17,163	17,163	0,025	0,180
	0,41	MIN 3A	18,121		18,121	18,121	14,485		14,485	14,485	15,634		15,634	15,634	19,284		19,284	19,284	0,013	0,214
	0,41	MIN 3B	18,216		18,216	18,216	14,592		14,592	14,592	15,733		15,733	15,733	19,376		19,376	19,376	0,019	0,201
	0,41	MIN 4A	19,497		19,497	19,497	15,846		15,846	15,846	16,801		16,801	16,801	20,587		20,587	20,587	0,011	0,227
	0,41	MIN 4B	19,610		19,610	19,610	15,968		15,968	15,968	16,930		16,930	16,930	20,687		20,687	20,687	0,016	0,213

### 4.2.3 Poste CUISINE

Repère	Niveau de tension [kV]	Config	Courant de court-circuit triphasé				Courant de court-circuit biphasé				Courant de court-circuit biphasé à la terre				Courant de court-circuit entre phase et terre				Idc [kA]	R/X
			Ik"3 [kA]	Ip3 [kA]	Ib3 [kA]	Ik3 [kA]	Ik"2 [kA]	Ip2 [kA]	Ib2 [kA]	Ik2 [kA]	Ik"2e [kA]	Ip2e [kA]	Ib2e [kA]	Ik2e [kA]	Ik"1 [kA]	Ip1 [kA]	Ib1 [kA]	Ik1 [kA]		
P Cuisine	20	MAX 1	4,997	11,493	4,997	4,997	4,304	8,956	4,304	4,304	4,383	9,121	4,383	4,383	0,324	0,675	0,324	0,324	0,053	0,160
	20	MAX 2	6,718	15,007	6,402	6,718	5,226	11,673	5,226	5,226	5,317	11,877	5,317	5,317	0,325	0,727	0,325	0,325	0,068	0,187
	20	MIN 1A	2,619		2,619	2,619	2,268		2,268	2,268	2,204		2,204	2,204	0,282		0,282	0,282	0,000	0,461
	20	MIN 1B	2,682		2,682	2,682	2,323		2,323	2,323	2,258		2,258	2,258	0,283		0,283	0,283	0,000	0,452
	20	MIN 2A	0,849		0,628	0,433	0,529		0,529	0,529	0,525		0,525	0,525	0,049		0,049	0,049	0,003	0,095
	20	MIN 2B	0,848		0,627	0,433	0,528		0,528	0,528	0,523		0,523	0,523	0,049		0,049	0,049	0,003	0,100
	20	MIN 3A	1,262		0,936	0,648	0,780		0,780	0,780	0,776		0,776	0,776	0,049		0,049	0,049	0,002	0,122
	20	MIN 3B	1,259		0,934	0,648	0,777		0,777	0,777	0,772		0,772	0,772	0,049		0,049	0,049	0,002	0,130
	20	MIN 4A	1,666		1,239	0,862	1,023		1,023	1,023	1,018		1,018	1,018	0,050		0,050	0,050	0,001	0,149
	20	MIN 4B	1,660		1,236	0,861	1,016		1,016	1,016	1,012		1,012	1,012	0,050		0,050	0,050	0,001	0,159
xBTTR1 P Cuisine	0,41	MAX 1	18,836	52,278	18,836	18,836	16,329	44,829	16,329	16,329	19,236	52,811	19,236	19,236	19,367	53,169	19,367	19,367	20,360	0,013
	0,41	MAX 2	19,231	53,485	19,231	19,231	16,555	46,043	16,555	16,555	19,523	54,296	19,523	19,523	19,549	54,371	19,549	19,549	22,820	0,012
	0,41	MIN 1A	15,712		15,712	15,712	13,607		13,607	13,607	15,810		15,810	15,810	16,367		16,367	16,367	3,988	0,055
	0,41	MIN 1B	15,751		15,751	15,751	13,641		13,641	13,641	15,851		15,851	15,851	16,395		16,395	16,395	4,270	0,053
	0,41	MIN 2A	13,272		13,272	13,272	10,966		10,966	10,966	12,031		12,031	12,031	14,458		14,458	14,458	2,762	0,031
	0,41	MIN 2B	13,267		13,267	13,267	10,958		10,958	10,958	12,023		12,023	12,023	14,450		14,450	14,450	2,627	0,032
	0,41	MIN 3A	14,829		14,829	14,829	12,483		12,483	12,483	13,580		13,580	13,580	15,871		15,871	15,871	4,053	0,030
	0,41	MIN 3B	14,822		14,822	14,822	12,474		12,474	12,474	13,568		13,568	13,568	15,863		15,863	15,863	3,833	0,031
	0,41	MIN 4A	15,753		15,753	15,753	13,382		13,382	13,382	14,612		14,612	14,612	16,663		16,663	16,663	5,075	0,029
	0,41	MIN 4B	15,746		15,746	15,746	13,372		13,372	13,372	14,598		14,598	14,598	16,655		16,655	16,655	4,782	0,031

### 4.2.4 Poste BIOLOGIE

Repère	Niveau de tension [kV]	Config	Courant de court-circuit triphasé				Courant de court-circuit biphasé				Courant de court-circuit biphasé à la terre				Courant de court-circuit entre phase et terre				Idc [kA]	R/X
			Ik"3 [kA]	Ip3 [kA]	Ib3 [kA]	Ik3 [kA]	Ik"2 [kA]	Ip2 [kA]	Ib2 [kA]	Ik2 [kA]	Ik"2e [kA]	Ip2e [kA]	Ib2e [kA]	Ik2e [kA]	Ik"1 [kA]	Ip1 [kA]	Ib1 [kA]	Ik1 [kA]		
P Biologie	20	MAX 1	4,999	11,502	4,999	4,999	4,306	8,963	4,306	4,306	4,385	9,127	4,385	4,385	0,324	0,675	0,324	0,324	0,054	0,160
	20	MAX 2	6,717	15,003	6,401	6,717	5,225	11,669	5,225	5,225	5,317	11,874	5,317	5,317	0,325	0,726	0,325	0,325	0,067	0,187
	20	MIN 1A	2,615		2,615	2,615	2,265		2,265	2,265	2,201		2,201	2,201	0,282		0,282	0,282	0,000	0,463
	20	MIN 1B	2,686		2,686	2,686	2,326		2,326	2,326	2,261		2,261	2,261	0,283		0,283	0,283	0,000	0,449
	20	MIN 2A	0,850		0,628	0,433	0,529		0,529	0,529	0,525		0,525	0,525	0,049		0,049	0,049	0,003	0,094
	20	MIN 2B	0,848		0,627	0,433	0,527		0,527	0,527	0,523		0,523	0,523	0,049		0,049	0,049	0,003	0,100
	20	MIN 3A	1,262		0,936	0,648	0,780		0,780	0,780	0,776		0,776	0,776	0,049		0,049	0,049	0,002	0,121
	20	MIN 3B	1,259		0,934	0,648	0,776		0,776	0,776	0,772		0,772	0,772	0,049		0,049	0,049	0,001	0,131
	20	MIN 4A	1,667		1,239	0,862	1,023		1,023	1,023	1,019		1,019	1,019	0,050		0,050	0,050	0,001	0,148
	20	MIN 4B	1,659		1,235	0,861	1,016		1,016	1,016	1,011		1,011	1,011	0,050		0,050	0,050	0,001	0,160
xBT TR1 P Biologie	0,41	MAX 1	28,117	66,327	28,117	28,117	24,351	56,678	24,351	24,351	29,976	69,769	29,976	29,976	29,367	68,351	29,367	29,367	0,602	0,138
	0,41	MAX 2	29,014	68,296	29,014	29,014	24,875	58,555	24,875	24,875	30,689	72,239	30,689	30,689	29,800	70,147	29,800	29,800	0,630	0,140
	0,41	MIN 1A	22,811		22,811	22,811	19,755		19,755	19,755	22,349		22,349	22,349	24,371		24,371	24,371	0,077	0,192
	0,41	MIN 1B	22,909		22,909	22,909	19,840		19,840	19,840	22,449		22,449	22,449	24,442		24,442	24,442	0,086	0,189
	0,41	MIN 2A	17,558		16,788	16,578	13,726		13,726	13,726	15,940		15,940	15,940	19,186		19,186	19,186	0,172	0,118
	0,41	MIN 2B	17,543		16,777	16,570	13,705		13,705	13,705	15,926		15,926	15,926	19,166		19,166	19,166	0,158	0,120
	0,41	MIN 3A	20,378		20,378	20,378	16,391		16,391	16,391	18,008		18,008	18,008	21,969		21,969	21,969	0,177	0,131
	0,41	MIN 3B	20,356		20,356	20,356	16,363		16,363	16,363	17,984		17,984	17,984	21,944		21,944	21,944	0,161	0,134
	0,41	MIN 4A	22,156		22,156	22,156	18,121		18,121	18,121	19,535		19,535	19,535	23,647		23,647	23,647	0,179	0,139
	0,41	MIN 4B	22,130		22,130	22,130	18,089		18,089	18,089	19,502		19,502	19,502	23,620		23,620	23,620	0,161	0,142

## 4.2.5 Poste P2

Repère	Niveau de tension [kV]	Config	Courant de court-circuit triphasé				Courant de court-circuit biphasé				Courant de court-circuit biphasé à la terre				Courant de court-circuit entre phase et terre				Idc [kA]	R/X
			Ik"3 [kA]	Ip3 [kA]	Ib3 [kA]	Ik3 [kA]	Ik"2 [kA]	Ip2 [kA]	Ib2 [kA]	Ik2 [kA]	Ik"2e [kA]	Ip2e [kA]	Ib2e [kA]	Ik2e [kA]	Ik"1 [kA]	Ip1 [kA]	Ib1 [kA]	Ik1 [kA]		
P2	20	MAX 1	5,050	11,859	5,050	5,050	4,357	9,218	4,357	4,357	4,436	9,386	4,436	4,436	0,325	0,687	0,325	0,325	0,095	0,142
	20	MAX 2	6,738	15,151	6,417	6,738	5,242	11,787	5,242	5,242	5,333	11,993	5,333	5,333	0,325	0,732	0,325	0,325	0,083	0,181
	20	MIN 1A	2,540		2,540	2,540	2,200		2,200	2,200	2,137		2,137	2,137	0,280		0,280	0,280	0,000	0,511
	20	MIN 1B	2,764		2,764	2,764	2,394		2,394	2,394	2,327		2,327	2,327	0,285		0,285	0,285	0,000	0,400
	20	MIN 2A	0,853		0,630	0,433	0,534		0,534	0,534	0,530		0,530	0,530	0,049		0,049	0,049	0,005	0,079
	20	MIN 2B	0,844		0,625	0,432	0,522		0,522	0,522	0,518		0,518	0,518	0,049		0,049	0,049	0,002	0,116
	20	MIN 3A	1,272		0,941	0,649	0,792		0,792	0,792	0,787		0,787	0,787	0,049		0,049	0,049	0,004	0,099
	20	MIN 3B	1,249		0,929	0,646	0,765		0,765	0,765	0,761		0,761	0,761	0,049		0,049	0,049	0,001	0,153
	20	MIN 4A	1,684		1,248	0,864	1,042		1,042	1,042	1,038		1,038	1,038	0,050		0,050	0,050	0,003	0,118
	20	MIN 4B	1,641		1,226	0,859	0,997		0,997	0,997	0,993		0,993	0,993	0,049		0,049	0,049	0,000	0,190
xBT TR1 P2	0,41	MAX 1	24,256	51,821	24,256	24,256	20,989	44,396	20,989	20,989	26,372	55,781	26,372	26,372	25,256	53,420	25,256	25,256	0,028	0,231
	0,41	MAX 2	24,895	52,901	24,895	24,895	21,363	45,395	21,363	21,363	26,916	57,195	26,916	26,916	25,564	54,323	25,564	25,564	0,026	0,236
	0,41	MIN 1A	19,852		19,852	19,852	17,192		17,192	17,192	18,856		18,856	18,856	21,177		21,177	21,177	0,004	0,284
	0,41	MIN 1B	20,075		20,075	20,075	17,386		17,386	17,386	19,129		19,129	19,129	21,325		21,325	21,325	0,007	0,266
	0,41	MIN 2A	15,953		15,640	15,627	12,434		12,434	12,434	14,068		14,068	14,068	17,173		17,173	17,173	0,026	0,179
	0,41	MIN 2B	15,866		15,576	15,570	12,331		12,331	12,331	13,990		13,990	13,990	17,074		17,074	17,074	0,016	0,193
	0,41	MIN 3A	18,228		18,228	18,228	14,604		14,604	14,604	15,744		15,744	15,744	19,387		19,387	19,387	0,020	0,199
	0,41	MIN 3B	18,108		18,108	18,108	14,471		14,471	14,471	15,620		15,620	15,620	19,271		19,271	19,271	0,012	0,215
	0,41	MIN 4A	19,624		19,624	19,624	15,983		15,983	15,983	16,945		16,945	16,945	20,699		20,699	20,699	0,017	0,212
	0,41	MIN 4B	19,482		19,482	19,482	15,829		15,829	15,829	16,784		16,784	16,784	20,574		20,574	20,574	0,010	0,229
xBT TR2 P2	0,41	MAX 1	24,257	51,828	24,257	24,257	20,990	44,401	20,990	20,990	26,372	55,787	26,372	26,372	25,256	53,426	25,256	25,256	0,028	0,230
	0,41	MAX 2	24,896	52,908	24,896	24,896	21,363	45,401	21,363	21,363	26,916	57,201	26,916	26,916	25,565	54,330	25,565	25,565	0,026	0,236
	0,41	MIN 1A	19,853		19,853	19,853	17,193		17,193	17,193	18,858		18,858	18,858	21,178		21,178	21,178	0,004	0,284
	0,41	MIN 1B	20,076		20,076	20,076	17,387		17,387	17,387	19,131		19,131	19,131	21,326		21,326	21,326	0,007	0,266
	0,41	MIN 2A	15,953		15,640	15,627	12,435		12,435	12,435	14,068		14,068	14,068	17,173		17,173	17,173	0,026	0,178
	0,41	MIN 2B	15,866		15,576	15,571	12,332		12,332	12,332	13,991		13,991	13,991	17,075		17,075	17,075	0,016	0,193
	0,41	MIN 3A	18,228		18,228	18,228	14,605		14,605	14,605	15,745		15,745	15,745	19,388		19,388	19,388	0,020	0,199
	0,41	MIN 3B	18,109		18,109	18,109	14,472		14,472	14,472	15,621		15,621	15,621	19,272		19,272	19,272	0,012	0,215
	0,41	MIN 4A	19,625		19,625	19,625	15,984		15,984	15,984	16,946		16,946	16,946	20,700		20,700	20,700	0,017	0,212
	0,41	MIN 4B	19,482		19,482	19,482	15,830		15,830	15,830	16,785		16,785	16,785	20,575		20,575	20,575	0,010	0,229
xBT TR3 P2	0,41	MAX 1	24,258	51,834	24,258	24,258	20,991	44,407	20,991	20,991	26,372	55,792	26,372	26,372	25,257	53,432	25,257	25,257	0,028	0,230
	0,41	MAX 2	24,897	52,915	24,897	24,897	21,364	45,407	21,364	21,364	26,916	57,207	26,916	26,916	25,565	54,336	25,565	25,565	0,026	0,236
	0,41	MIN 1A	19,854		19,854	19,854	17,194		17,194	17,194	18,860		18,860	18,860	21,179		21,179	21,179	0,004	0,284
	0,41	MIN 1B	20,077		20,077	20,077	17,388		17,388	17,388	19,133		19,133	19,133	21,327		21,327	21,327	0,007	0,265
	0,41	MIN 2A	15,954		15,641	15,628	12,436		12,436	12,436	14,069		14,069	14,069	17,174		17,174	17,174	0,026	0,178
	0,41	MIN 2B	15,867		15,577	15,571	12,333		12,333	12,333	13,991		13,991	13,991	17,075		17,075	17,075	0,017	0,192
	0,41	MIN 3A	18,229		18,229	18,229	14,606		14,606	14,606	15,746		15,746	15,746	19,389		19,389	19,389	0,020	0,199
	0,41	MIN 3B	18,110		18,110	18,110	14,473		14,473	14,473	15,622		15,622	15,622	19,273		19,273	19,273	0,012	0,215
	0,41	MIN 4A	19,626		19,626	19,626	15,985		15,985	15,985	16,947		16,947	16,947	20,701		20,701	20,701	0,017	0,212
	0,41	MIN 4B	19,483		19,483	19,483	15,832		15,832	15,832	16,786		16,786	16,786	20,575		20,575	20,575	0,010	0,229

## 4.2.6 Poste P3

Repère	Niveau de tension [kV]	Config	Courant de court-circuit triphasé				Courant de court-circuit biphasé				Courant de court-circuit biphasé à la terre				Courant de court-circuit entre phase et terre				Idc [kA]	R/X
			Ik"3 [kA]	Ip3 [kA]	Ib3 [kA]	Ik3 [kA]	Ik"2 [kA]	Ip2 [kA]	Ib2 [kA]	Ik2 [kA]	Ik"2e [kA]	Ip2e [kA]	Ib2e [kA]	Ik2e [kA]	Ik"1 [kA]	Ip1 [kA]	Ib1 [kA]	Ik1 [kA]		
P3	20	MAX 1	5,091	12,168	5,091	5,091	4,398	9,438	4,398	4,398	4,478	9,609	4,478	4,478	0,325	0,698	0,325	0,325	0,154	0,127
	20	MAX 2	6,776	15,417	6,449	6,776	5,272	11,996	5,272	5,272	5,364	12,205	5,364	5,364	0,326	0,741	0,326	0,326	0,118	0,170
	20	MIN 1A	2,502		2,502	2,502	2,167		2,167	2,167	2,105		2,105	2,105	0,279		0,279	0,279	0,000	0,535
	20	MIN 1B	2,804		2,804	2,804	2,428		2,428	2,428	2,361		2,361	2,361	0,286		0,286	0,286	0,000	0,374
	20	MIN 2A	0,855		0,631	0,434	0,537		0,537	0,537	0,533		0,533	0,533	0,049		0,049	0,049	0,006	0,071
	20	MIN 2B	0,842		0,624	0,432	0,520		0,520	0,520	0,516		0,516	0,516	0,049		0,049	0,049	0,001	0,123
	20	MIN 3A	1,276		0,943	0,650	0,797		0,797	0,797	0,793		0,793	0,793	0,049		0,049	0,049	0,006	0,087
	20	MIN 3B	1,244		0,926	0,646	0,760		0,760	0,760	0,756		0,756	0,756	0,049		0,049	0,049	0,001	0,165
	20	MIN 4A	1,692		1,252	0,865	1,052		1,052	1,052	1,048		1,048	1,048	0,050		0,050	0,050	0,005	0,102
	20	MIN 4B	1,631		1,220	0,858	0,988		0,988	0,988	0,984		0,984	0,984	0,049		0,049	0,049	0,000	0,205
xBT TR1 P3	0,41	MAX 1	24,281	51,961	24,281	24,281	21,011	44,515	21,011	21,011	26,384	55,896	26,384	26,384	25,272	53,541	25,272	25,272	0,030	0,229
	0,41	MAX 2	24,910	52,986	24,910	24,910	21,375	45,468	21,375	21,375	26,922	57,267	26,922	26,922	25,573	54,398	25,573	25,573	0,027	0,235
	0,41	MIN 1A	19,817		19,817	19,817	17,162		17,162	17,162	18,810		18,810	18,810	21,155		21,155	21,155	0,003	0,288
	0,41	MIN 1B	20,114		20,114	20,114	17,419		17,419	17,419	19,184		19,184	19,184	21,350		21,350	21,350	0,008	0,261
	0,41	MIN 2A	15,972		15,654	15,640	12,458		12,458	12,458	14,085		14,085	14,085	17,195		17,195	17,195	0,028	0,175
	0,41	MIN 2B	15,848		15,563	15,559	12,311		12,311	12,311	13,975		13,975	13,975	17,054		17,054	17,054	0,015	0,195
	0,41	MIN 3A	18,254		18,254	18,254	14,635		14,635	14,635	15,773		15,773	15,773	19,413		19,413	19,413	0,023	0,195
	0,41	MIN 3B	18,084		18,084	18,084	14,444		14,444	14,444	15,596		15,596	15,596	19,248		19,248	19,248	0,011	0,218
	0,41	MIN 4A	19,656		19,656	19,656	16,018		16,018	16,018	16,982		16,982	16,982	20,727		20,727	20,727	0,020	0,208
	0,41	MIN 4B	19,453		19,453	19,453	15,799		15,799	15,799	16,752		16,752	16,752	20,549		20,549	20,549	0,009	0,233

## 4.2.7 Poste P4

Repère	Niveau de tension [kV]	Config	Courant de court-circuit triphasé				Courant de court-circuit biphasé				Courant de court-circuit biphasé à la terre				Courant de court-circuit entre phase et terre				Idc [kA]	R/X
			Ik"3 [kA]	Ip3 [kA]	Ib3 [kA]	Ik3 [kA]	Ik"2 [kA]	Ip2 [kA]	Ib2 [kA]	Ik2 [kA]	Ik"2e [kA]	Ip2e [kA]	Ib2e [kA]	Ik2e [kA]	Ik"1 [kA]	Ip1 [kA]	Ib1 [kA]	Ik1 [kA]		
P4	20	MAX 1	5,119	12,386	5,119	5,119	4,426	9,593	4,426	4,426	4,506	9,766	4,506	4,506	0,326	0,706	0,326	0,326	0,214	0,117
	20	MAX 2	6,806	15,629	6,473	6,806	5,296	12,162	5,296	5,296	5,388	12,374	5,388	5,388	0,326	0,748	0,326	0,326	0,155	0,161
	20	MIN 1A	2,480		2,480	2,480	2,148		2,148	2,148	2,087		2,087	2,087	0,278		0,278	0,278	0,000	0,548
	20	MIN 1B	2,826		2,826	2,826	2,448		2,448	2,448	2,380		2,380	2,380	0,286		0,286	0,286	0,000	0,359
	20	MIN 2A	0,856		0,632	0,434	0,538		0,538	0,538	0,534		0,534	0,534	0,049		0,049	0,049	0,007	0,066
	20	MIN 2B	0,841		0,623	0,432	0,519		0,519	0,519	0,514		0,514	0,514	0,049		0,049	0,049	0,001	0,128
	20	MIN 3A	1,278		0,944	0,650	0,801		0,801	0,801	0,796		0,796	0,796	0,049		0,049	0,049	0,007	0,080
	20	MIN 3B	1,241		0,924	0,646	0,757		0,757	0,757	0,753		0,753	0,753	0,049		0,049	0,049	0,000	0,171
	20	MIN 4A	1,697		1,255	0,866	1,058		1,058	1,058	1,054		1,054	1,054	0,050		0,050	0,050	0,006	0,093
	20	MIN 4B	1,625		1,217	0,858	0,983		0,983	0,983	0,978		0,978	0,978	0,049		0,049	0,049	0,000	0,214
xBT TR1 P4	0,41	MAX 1	24,301	52,080	24,301	24,301	21,029	44,615	21,029	21,029	26,391	55,993	26,391	26,391	25,285	53,645	25,285	25,285	0,031	0,227
	0,41	MAX 2	24,923	53,074	24,923	24,923	21,387	45,543	21,387	21,387	26,927	57,341	26,927	26,927	25,582	54,476	25,582	25,582	0,028	0,234
	0,41	MIN 1A	19,801		19,801	19,801	17,148		17,148	17,148	18,790		18,790	18,790	21,144		21,144	21,144	0,003	0,289
	0,41	MIN 1B	20,140		20,140	20,140	17,442		17,442	17,442	19,221		19,221	19,221	21,366		21,366	21,366	0,009	0,258
	0,41	MIN 2A	15,984		15,663	15,648	12,473		12,473	12,473	14,098		14,098	14,098	17,210		17,210	17,210	0,031	0,173
	0,41	MIN 2B	15,840		15,557	15,553	12,302		12,302	12,302	13,968		13,968	13,968	17,046		17,046	17,046	0,015	0,197
	0,41	MIN 3A	18,271		18,271	18,271	14,655		14,655	14,655	15,792		15,792	15,792	19,431		19,431	19,431	0,025	0,193
	0,41	MIN 3B	18,073		18,073	18,073	14,433		14,433	14,433	15,586		15,586	15,586	19,238		19,238	19,238	0,011	0,220
	0,41	MIN 4A	19,676		19,676	19,676	16,041		16,041	16,041	17,008		17,008	17,008	20,746		20,746	20,746	0,022	0,205
	0,41	MIN 4B	19,439		19,439	19,439	15,786		15,786	15,786	16,739		16,739	16,739	20,537		20,537	20,537	0,009	0,234
xBT TR2 P4	0,41	MAX 1	24,301	52,080	24,301	24,301	21,029	44,615	21,029	21,029	26,391	55,993	26,391	26,391	25,285	53,645	25,285	25,285	0,031	0,227
	0,41	MAX 2	24,923	53,074	24,923	24,923	21,387	45,543	21,387	21,387	26,927	57,341	26,927	26,927	25,582	54,476	25,582	25,582	0,028	0,234
	0,41	MIN 1A	19,801		19,801	19,801	17,148		17,148	17,148	18,790		18,790	18,790	21,144		21,144	21,144	0,003	0,289
	0,41	MIN 1B	20,140		20,140	20,140	17,442		17,442	17,442	19,221		19,221	19,221	21,366		21,366	21,366	0,009	0,258
	0,41	MIN 2A	15,984		15,663	15,648	12,473		12,473	12,473	14,098		14,098	14,098	17,210		17,210	17,210	0,031	0,173
	0,41	MIN 2B	15,840		15,557	15,553	12,302		12,302	12,302	13,968		13,968	13,968	17,046		17,046	17,046	0,015	0,197
	0,41	MIN 3A	18,271		18,271	18,271	14,655		14,655	14,655	15,792		15,792	15,792	19,431		19,431	19,431	0,025	0,193
	0,41	MIN 3B	18,073		18,073	18,073	14,433		14,433	14,433	15,586		15,586	15,586	19,238		19,238	19,238	0,011	0,220
	0,41	MIN 4A	19,676		19,676	19,676	16,041		16,041	16,041	17,008		17,008	17,008	20,746		20,746	20,746	0,022	0,205
	0,41	MIN 4B	19,439		19,439	19,439	15,786		15,786	15,786	16,739		16,739	16,739	20,537		20,537	20,537	0,009	0,234

## 4.2.8 Poste ICI 1

Repère	Niveau de tension [kV]	Config	Courant de court-circuit triphasé				Courant de court-circuit biphasé				Courant de court-circuit biphasé à la terre				Courant de court-circuit entre phase et terre				Idc [kA]	R/X
			Ik"3 [kA]	Ip3 [kA]	Ib3 [kA]	Ik3 [kA]	Ik"2 [kA]	Ip2 [kA]	Ib2 [kA]	Ik2 [kA]	Ik"2e [kA]	Ip2e [kA]	Ib2e [kA]	Ik2e [kA]	Ik"1 [kA]	Ip1 [kA]	Ib1 [kA]	Ik1 [kA]		
P ICI 1	20	MAX 1	5,048	11,887	5,048	5,048	4,356	9,238	4,356	4,356	4,436	9,407	4,436	4,436	0,325	0,689	0,325	0,325	0,102	0,139
	20	MAX 2	6,958	16,718	6,613	6,958	5,415	13,011	5,415	5,415	5,508	13,235	5,508	5,508	0,327	0,785	0,327	0,327	0,537	0,122
	20	MIN 1A	2,794		2,794	2,794	2,420		2,420	2,420	2,352		2,352	2,352	0,287		0,287	0,287	0,000	0,346
	20	MIN 1B	2,721		2,721	2,721	2,357		2,357	2,357	2,291		2,291	2,291	0,284		0,284	0,284	0,000	0,427
	20	MIN 2A	0,851		0,629	0,433	0,532		0,532	0,532	0,527		0,527	0,527	0,049		0,049	0,049	0,004	0,087
	20	MIN 2B	0,857		0,632	0,434	0,539		0,539	0,539	0,535		0,535	0,535	0,049		0,049	0,049	0,008	0,063
	20	MIN 3A	1,267		0,938	0,649	0,785		0,785	0,785	0,781		0,781	0,781	0,049		0,049	0,049	0,003	0,111
	20	MIN 3B	1,280		0,945	0,650	0,802		0,802	0,802	0,798		0,798	0,798	0,049		0,049	0,049	0,008	0,076
	20	MIN 4A	1,675		1,243	0,863	1,032		1,032	1,032	1,027		1,027	1,027	0,050		0,050	0,050	0,002	0,134
	20	MIN 4B	1,699		1,256	0,866	1,062		1,062	1,062	1,057		1,057	1,057	0,050		0,050	0,050	0,008	0,088
xBT TR1 P ICI1	0,41	MAX 1	34,858	80,558	34,858	34,858	30,182	68,634	30,182	30,182	37,575	85,445	37,575	37,575	36,777	83,630	36,777	36,777	0,425	0,156
	0,41	MAX 2	36,343	84,109	36,343	36,343	31,075	71,918	31,075	31,075	38,735	89,646	38,735	38,735	37,523	86,840	37,523	37,523	0,504	0,155
	0,41	MIN 1A	28,037		28,037	28,037	24,281		24,281	24,281	27,646		27,646	27,646	30,308		30,308	30,308	0,079	0,198
	0,41	MIN 1B	27,947		27,947	27,947	24,203		24,203	24,203	27,440		27,440	27,440	30,259		30,259	30,259	0,046	0,215
	0,41	MIN 2A	20,118		18,525	17,760	15,350		15,350	15,350	18,859		18,859	18,859	22,076		22,076	22,076	0,134	0,124
	0,41	MIN 2B	20,191		18,573	17,788	15,452		15,452	15,452	18,919		18,919	18,919	22,184		22,184	22,184	0,191	0,113
	0,41	MIN 3A	23,906		23,443	23,426	18,824		18,824	18,824	21,324		21,324	21,324	25,930		25,930	25,930	0,129	0,140
	0,41	MIN 3B	24,014		23,521	23,495	18,966		18,966	18,966	21,434		21,434	21,434	26,065		26,065	26,065	0,197	0,127
	0,41	MIN 4A	26,388		26,388	26,388	21,188		21,188	21,188	23,191		23,191	23,191	28,356		28,356	28,356	0,124	0,151
	0,41	MIN 4B	26,523		26,523	26,523	21,359		21,359	21,359	23,346		23,346	23,346	28,507		28,507	28,507	0,198	0,136

## 4.2.9 Poste ICI 2

Repère	Niveau de tension [kV]	Config	Courant de court-circuit triphasé				Courant de court-circuit biphasé				Courant de court-circuit biphasé à la terre				Courant de court-circuit entre phase et terre				Idc [kA]	R/X
			Ik"3 [kA]	Ip3 [kA]	Ib3 [kA]	Ik3 [kA]	Ik"2 [kA]	Ip2 [kA]	Ib2 [kA]	Ik2 [kA]	Ik"2e [kA]	Ip2e [kA]	Ib2e [kA]	Ik2e [kA]	Ik"1 [kA]	Ip1 [kA]	Ib1 [kA]	Ik1 [kA]		
P ICI 2	20	MAX 1	5,051	11,898	5,051	5,051	4,358	9,246	4,358	4,358	4,438	9,414	4,438	4,438	0,325	0,689	0,325	0,325	0,104	0,139
	20	MAX 2	6,938	16,561	6,595	6,938	5,399	12,888	5,399	5,399	5,492	13,110	5,492	5,492	0,327	0,780	0,327	0,327	0,450	0,128
	20	MIN 1A	2,785		2,785	2,785	2,412		2,412	2,412	2,344		2,344	2,344	0,286		0,286	0,286	0,000	0,352
	20	MIN 1B	2,732		2,732	2,732	2,366		2,366	2,366	2,300		2,300	2,300	0,284		0,284	0,284	0,000	0,420
	20	MIN 2A	0,852		0,629	0,433	0,532		0,532	0,532	0,528		0,528	0,528	0,049		0,049	0,049	0,004	0,085
	20	MIN 2B	0,856		0,632	0,434	0,539		0,539	0,539	0,534		0,534	0,534	0,049		0,049	0,049	0,008	0,066
	20	MIN 3A	1,268		0,939	0,649	0,787		0,787	0,787	0,783		0,783	0,783	0,049		0,049	0,049	0,003	0,108
	20	MIN 3B	1,279		0,944	0,650	0,801		0,801	0,801	0,797		0,797	0,797	0,049		0,049	0,049	0,007	0,079
	20	MIN 4A	1,677		1,244	0,863	1,034		1,034	1,034	1,030		1,030	1,030	0,050		0,050	0,050	0,002	0,130
	20	MIN 4B	1,697		1,255	0,866	1,059		1,059	1,059	1,055		1,055	1,055	0,050		0,050	0,050	0,007	0,092
xBT TR1 P ICI2	0,41	MAX 1	34,861	80,569	34,861	34,861	30,185	68,643	30,185	30,185	37,577	85,454	37,577	37,577	36,779	83,639	36,779	36,779	0,425	0,156
	0,41	MAX 2	36,330	84,021	36,330	36,330	31,065	71,843	31,065	31,065	38,731	89,573	38,731	38,731	37,515	86,760	37,515	37,515	0,494	0,155
	0,41	MIN 1A	28,021		28,021	28,021	24,267		24,267	24,267	27,622		27,622	27,622	30,298		30,298	30,298	0,075	0,199
	0,41	MIN 1B	27,964		27,964	27,964	24,217		24,217	24,217	27,464		27,464	27,464	30,270		30,270	30,270	0,048	0,213
	0,41	MIN 2A	20,124		18,529	17,762	15,359		15,359	15,359	18,864		18,864	18,864	22,086		22,086	22,086	0,138	0,123
	0,41	MIN 2B	20,185		18,569	17,786	15,444		15,444	15,444	18,914		18,914	18,914	22,175		22,175	22,175	0,186	0,114
	0,41	MIN 3A	23,915		23,450	23,432	18,836		18,836	18,836	21,333		21,333	21,333	25,942		25,942	25,942	0,133	0,139
	0,41	MIN 3B	24,004		23,515	23,489	18,954		18,954	18,954	21,424		21,424	21,424	26,053		26,053	26,053	0,190	0,128
	0,41	MIN 4A	26,400		26,400	26,400	21,202		21,202	21,202	23,204		23,204	23,204	28,369		28,369	28,369	0,129	0,150
	0,41	MIN 4B	26,512		26,512	26,512	21,344		21,344	21,344	23,333		23,333	23,333	28,494		28,494	28,494	0,190	0,137



### 4.2.10 Poste US

Repère	Niveau de tension [kV]	Config	Courant de court-circuit triphasé				Courant de court-circuit biphasé				Courant de court-circuit biphasé à la terre				Courant de court-circuit entre phase et terre				Idc [kA]	R/X
			Ik"3 [kA]	Ip3 [kA]	Ib3 [kA]	Ik3 [kA]	Ik"2 [kA]	Ip2 [kA]	Ib2 [kA]	Ik2 [kA]	Ik"2e [kA]	Ip2e [kA]	Ib2e [kA]	Ik2e [kA]	Ik"1 [kA]	Ip1 [kA]	Ib1 [kA]	Ik1 [kA]		
P US	20	MAX 2	6,869	16,174	6,515	6,869	5,349	12,594	5,349	5,349	5,441	12,812	5,441	5,441	0,326	0,767	0,326	0,326	0,324	0,139
	20	MIN 2A	0,863		0,635	0,435	0,548		0,548	0,548	0,543		0,543	0,543	0,049		0,049	0,049	0,017	0,040
	20	MIN 2B	0,863		0,635	0,435	0,548		0,548	0,548	0,543		0,543	0,543	0,049		0,049	0,049	0,017	0,040
	20	MIN 3A	1,295		0,953	0,652	0,821		0,821	0,821	0,816		0,816	0,816	0,049		0,049	0,049	0,024	0,041
	20	MIN 3B	1,295		0,953	0,652	0,821		0,821	0,821	0,816		0,816	0,816	0,049		0,049	0,049	0,024	0,041
	20	MIN 4A	1,726		1,270	0,869	1,094		1,094	1,094	1,090		1,090	1,090	0,050		0,050	0,050	0,031	0,042
	20	MIN 4B	1,726		1,270	0,869	1,094		1,094	1,094	1,090		1,090	1,090	0,050		0,050	0,050	0,031	0,042
P US 12	20	MAX 2	6,421	12,850	6,129	6,421	4,981	9,969	4,981	4,981	5,070	10,145	5,070	5,070	0,322	0,645	0,322	0,322	0,002	0,303
	20	MIN 2A	0,856		0,632	0,434	0,534		0,534	0,534	0,530		0,530	0,530	0,049		0,049	0,049	0,004	0,086
	20	MIN 2B	0,856		0,632	0,434	0,534		0,534	0,534	0,530		0,530	0,530	0,049		0,049	0,049	0,004	0,086
	20	MIN 3A	1,278		0,944	0,650	0,790		0,790	0,790	0,786		0,786	0,786	0,049		0,049	0,049	0,003	0,109
	20	MIN 3B	1,278		0,944	0,650	0,790		0,790	0,790	0,786		0,786	0,786	0,049		0,049	0,049	0,003	0,109
	20	MIN 4A	1,695		1,254	0,866	1,040		1,040	1,040	1,035		1,035	1,035	0,050		0,050	0,050	0,002	0,132
	20	MIN 4B	1,695		1,254	0,866	1,040		1,040	1,040	1,035		1,035	1,035	0,050		0,050	0,050	0,002	0,132
P US 34	20	MAX 2	6,301	12,235	6,025	6,301	4,888	9,492	4,888	4,888	4,975	9,661	4,975	4,975	0,321	0,624	0,321	0,321	0,001	0,340
	20	MIN 2A	0,855		0,631	0,434	0,531		0,531	0,531	0,526		0,526	0,526	0,049		0,049	0,049	0,003	0,097
	20	MIN 2B	0,855		0,631	0,434	0,531		0,531	0,531	0,526		0,526	0,526	0,049		0,049	0,049	0,003	0,097
	20	MIN 3A	1,273		0,942	0,649	0,783		0,783	0,783	0,779		0,779	0,779	0,049		0,049	0,049	0,002	0,126
	20	MIN 3B	1,273		0,942	0,649	0,783		0,783	0,783	0,779		0,779	0,779	0,049		0,049	0,049	0,002	0,126
	20	MIN 4A	1,686		1,249	0,864	1,027		1,027	1,027	1,023		1,023	1,023	0,050		0,050	0,050	0,001	0,154
	20	MIN 4B	1,686		1,249	0,864	1,027		1,027	1,027	1,023		1,023	1,023	0,050		0,050	0,050	0,001	0,154
P US ICI	20	MAX 2	6,199	11,765	5,937	6,199	4,810	9,130	4,810	4,810	4,896	9,293	4,896	4,896	0,321	0,609	0,321	0,321	0,000	0,371
	20	MIN 2A	0,853		0,630	0,433	0,528		0,528	0,528	0,524		0,524	0,524	0,049		0,049	0,049	0,002	0,106
	20	MIN 2B	0,853		0,630	0,433	0,528		0,528	0,528	0,524		0,524	0,524	0,049		0,049	0,049	0,002	0,106
	20	MIN 3A	1,269		0,939	0,649	0,777		0,777	0,777	0,773		0,773	0,773	0,049		0,049	0,049	0,001	0,139
	20	MIN 3B	1,269		0,939	0,649	0,777		0,777	0,777	0,773		0,773	0,773	0,049		0,049	0,049	0,001	0,139
	20	MIN 4A	1,678		1,245	0,863	1,017		1,017	1,017	1,013		1,013	1,013	0,050		0,050	0,050	0,001	0,172
	20	MIN 4B	1,678		1,245	0,863	1,017		1,017	1,017	1,013		1,013	1,013	0,050		0,050	0,050	0,001	0,172
xBT TR US 12	0,41	MAX 2	24,799	52,233	24,799	24,799	21,279	44,819	21,279	21,279	26,898	56,655	26,898	26,898	25,507	53,726	25,507	25,507	0,019	0,245
	0,41	MIN 2A	15,974		15,655	15,641	12,442		12,442	12,442	14,072		14,072	14,072	17,184		17,184	17,184	0,024	0,181
	0,41	MIN 2B	15,974		15,655	15,641	12,442		12,442	12,442	14,072		14,072	14,072	17,184		17,184	17,184	0,024	0,181
	0,41	MIN 3A	18,255		18,255	18,255	14,617		14,617	14,617	15,747		15,747	15,747	19,403		19,403	19,403	0,019	0,202
	0,41	MIN 3B	18,255		18,255	18,255	14,617		14,617	14,617	15,747		15,747	15,747	19,403		19,403	19,403	0,019	0,202
	0,41	MIN 4A	19,655		19,655	19,655	15,999		15,999	15,999	16,947		16,947	16,947	20,719		20,719	20,719	0,016	0,214
	0,41	MIN 4B	19,655		19,655	19,655	15,999		15,999	15,999	16,947		16,947	16,947	20,719		20,719	20,719	0,016	0,214
xBT TR US 34	0,41	MAX 2	24,763	52,004	24,763	24,763	21,248	44,622	21,248	21,248	26,887	56,464	26,887	26,887	25,486	53,522	25,486	25,486	0,018	0,249
	0,41	MIN 2A	15,955		15,641	15,628	12,416		12,416	12,416	14,052		14,052	14,052	17,160		17,160	17,160	0,021	0,185
	0,41	MIN 2B	15,955		15,641	15,628	12,416		12,416	12,416	14,052		14,052	14,052	17,160		17,160	17,160	0,021	0,185
	0,41	MIN 3A	18,228		18,228	18,228	14,583		14,583	14,583	15,714		15,714	15,714	19,375		19,375	19,375	0,016	0,206
	0,41	MIN 3B	18,228		18,228	18,228	14,583		14,583	14,583	15,714		15,714	15,714	19,375		19,375	19,375	0,016	0,206
	0,41	MIN 4A	19,622		19,622	19,622	15,960		15,960	15,960	16,904		16,904	16,904	20,689		20,689	20,689	0,014	0,220
	0,41	MIN 4B	19,622		19,622	19,622	15,960		15,960	15,960	16,904		16,904	16,904	20,689		20,689	20,689	0,014	0,220
xBT TR US ICI	0,41	MAX 2	35,904	80,446	35,904	35,904	30,698	68,783	30,698	30,698	38,662	86,626	38,662	38,662	37,245	83,451	37,245	37,245	0,199	0,184
	0,41	MIN 2A	20,131		18,533	17,765	15,314		15,314	15,314	18,846		18,846	18,846	22,045		22,045	22,045	0,100	0,133
	0,41	MIN 2B	20,131		18,533	17,765	15,314		15,314	15,314	18,846		18,846	18,846	22,045		22,045	22,045	0,100	0,133
	0,41	MIN 3A	23,920		23,453	23,435	18,778		18,778	18,778	21,284		21,284	21,284	25,899		25,899	25,899	0,091	0,151
	0,41	MIN 3B	23,920		23,453	23,435	18,778		18,778	18,778	21,284		21,284	21,284	25,899		25,899	25,899	0,091	0,151
	0,41	MIN 4A	26,401		26,401	26,401	21,139		21,139	21,139	23,124		23,124	23,124	28,328		28,328	28,328	0,085	0,163
	0,41	MIN 4B	26,401		26,401	26,401	21,139		21,139	21,139	23,124		23,124	23,124	28,328		28,328	28,328	0,085	0,163

## 5. COURANTS ADMISSIBLES DANS LES BOUCLES HTA

Pour les canalisations reliant les tableaux de distribution, une protection contre les surcharges doit être mise en œuvre sur chaque canalisation si le courant d'emploi peut, dans certaines conditions d'exploitation, être supérieur au courant pour lequel la canalisation a été dimensionnée.

Une protection à temps inverse ou une protection à image thermique sera proposée pour s'adapter à cette limite thermique du câble. Il est de la responsabilité du contractant de définir une stratégie de gestion de la charge pour éviter le déclenchement surcharge. Par exemple en accompagnant ce seuil déclenchement (lent en cas de surcharge modérée) d'un seuil alarme à destination du quart / service d'exploitation pour prévenir un risque imminent de déclenchement surcharge de l'artère HTA. Cette alarme devant permettre au quart / service d'exploitation de réorganiser la boucle HTA / délester afin de quitter la zone de contrainte thermique et risque de déclenchement.

La protection de l'infrastructure sera assurée, la capacité de transit des liaisons est évaluée. Cette analyse ne contenant pas de LOAD FLOW, la marge entre le courant réellement à transiter (la charge) et le risque de déclenchement surcharge ne sera pas évaluée.

### 5.1 Mode de pose et courants admissibles

*Nature des canalisations :*

- Isolant = PR
- Tension = 12/20/(24KV)
- Structure = Unipolaire à champ radial
- Nature = aluminium

*Paramètres servant de base pour les calculs sur les câbles de la boucle :*

- Température du sol = 20°C
- Résistivité thermique = 0.85 K.m/W (sol dit « Normal »)
- Profondeur moyenne = 0,8 m
- Mode de pose = 61, 2 fourreaux jointifs (situation la plus contraignante).
- Pose symétrique = OUI (1 seul conducteur par phase)

*Paramètres servant de base pour les calculs sur les câbles PR de liaisons des transformateurs dans les postes :*

- Température air = 30°C
- Mode de pose = 13, sur chemins de câbles ou tablettes perforées (pose sans voisinage – simple couche)
- Pose symétrique = OUI (1 seul conducteur par phase)

$K_{\text{câbles boucle}} = K12(\text{T}^\circ\text{C sol}) * K13(\text{Résistivité th sol}) * K14(\text{Profondeur pose}) * K16(\text{conduit jointif}) * K17(\text{conduit non jointif}) = 1 * 1.06 * 1 * 0.7 * 1 = 0.74.$

$K_{\text{câbles TR}} = K1(\text{T}^\circ\text{C air}) * K2(\text{exposition au soleil}) * K5(\text{conduit jointif}) * K7(\text{couches}) = 1 * 1 * 1 * 1 = 1.$

En prenant en référence le tableau 52J de la norme NFC13-200 pour le calcul des courants admissible dans les câbles nous obtenons :

$I_{\text{admissible}}$	150 mm <sup>2</sup> Alu PR	$P_{DL/PR} = 325 * 0.74 = 240 \text{ A}$ (soit 252A <b>[8,7 MVA]</b> avec tolérance surcharge 5% Art 520.2 NFC 13-200)
$I_{\text{admissible}}$	95 mm <sup>2</sup> Alu PR	$\text{boucles} = 252 * 0.74 = 186 \text{ A}$ (soit 195A <b>[6,7 MVA]</b> avec tolérance surcharge 5% Art 520.2 NFC 13-200)
$I_{\text{admissible}}$	50 mm <sup>2</sup> Alu PR	$\text{Antennes} = 175 * 0.74 = 129 \text{ A}$ (soit 135 A <b>[4,6 MVA]</b> avec tolérance surcharge 5% Art 520.2 NFC 13-200)
$I_{\text{admissible}}$	50 mm <sup>2</sup> Alu PR	$\text{TR} = 185 * 1 = 185 \text{ A}$ (soit 194 A <b>[6,7 MVA]</b> avec tolérance surcharge 5% Art 520.2 NFC 13-200)

S mini en régime de court - circuit (adiabatique)    Tableau 527B K/1" = **95**     $S \geq \frac{Ik_3 \times \sqrt{t}}{K}$     **41 mm<sup>2</sup>**

Section minimale à poser sur le réseau C13-200 pour respecter le critère adiabatique : 50mm<sup>2</sup> ALU (avec protection amont DJ HTA)

## 6. REGLAGES DES PROTECTIONS C13-100 – CHRU -1

### 6.1 Seuils de la protection entre phases PDL – CHRU 1

Le courant « Ib » (suivant la NF C 13 -100) correspond à la somme des courants assignés des transformateurs.  $S_n = 12.61\text{MVA}$  soit  $I_b = 364\text{A}$  sous 20kV. Le réglage, préconisé par la NF C 13 100, doit être inférieur à la plus petite des deux valeurs suivantes :

$$I_r < 8 \cdot I_b \quad \text{Et} \quad I_r < 0,8 \cdot I_{k2 \text{ mini}}$$

Dans le cas présent :

$$8 \cdot I_b = 8 \cdot 364 = 2912 \text{ A}$$

$$0,8 \cdot I_{k2 \text{ mini}} \text{ depuis PDL1} = 0,8 \cdot 2148 = 1718 \text{ A}$$

De plus le courant de magnétisation du site (appel de courant résultant de la mise sous tension des installations) ne doit pas solliciter la protection. Courant  $I_{e \text{ RMS}}$  (vu par relais RPN si la mesure est réalisée par transformée de Fourier (\*\*)) = 1007@80ms (voir §8)

Réglages Préconisés (\*) :

**$I_r = 1.7 \text{ kA}$   $t = 0,150 \text{ s}$**  (blocage logique par disjoncteurs en aval)

**$I_r = 1.7 \text{ kA}$   $t = 0,240 \text{ s}$**  (secours chronométrique)

TC Protection : 300-600/1 couplés en 300 Classe 5P30 2.5VA selon mail M. GOINVIC (06/05/22)

### 6.2 Seuils de la protection homopolaire

Schéma de liaison à la terre au poste source amont : IMPEDANT [DR02]

Courant de limitation – 300A ; Pas de neutre compensé en amont [DR02]

La fonction homopolaire (PAH) étant assurée par un montage en sommation de 3 TC (300/1), les critères de réglages sont :

$$I_r > 1,2 \cdot I_c \quad \text{Et} \quad I_r > 12\% \cdot I_{nTC} (***)$$

**Courant capacitif total :  $I_c = 14.44 \text{ A}$**  (voir § 9.3.1.1)

Dans le cas présent :

$$I_r > 1,2 \cdot 14.44 = 17.4 \text{ A (usuel } 2I_c = 28\text{A)}$$

$$I_r > 12\% \cdot 300 = 36 \text{ A}$$

Réglages Préconisés (\*) :

**$I_r = 48 \text{ A}$   $t = 0,150 \text{ s}$**  (blocage logique par disjoncteurs avals)

**$I_r = 48 \text{ A}$   $t = 0,240 \text{ s}$**  (secours chronométrique)

TC Protection : 300-600/1 couplés en 300 Classe 5P30 2.5VA selon mail M. GOINVIC (06/05/22)

(\*) A valider avec les services d'ENEDIS en fonction du seuil max du poste source

(\*\*) Cf datasheet du RPN

(\*\*\*) Usage ENEDIS permettant de garantir la non sensibilité lors de la mise sous tension due à l'imprécision des TC – montage sommateur 3TC). En complément un calcul d'imprécision du courant homopolaire issu des TC est présenté en annexe n°9.

## 7. REGLAGES DES PROTECTIONS C13-100 – CHRU -2

### 7.1 Seuils de la protection entre phases PDL – CHRU 2

Le courant «  $I_b$  » (suivant la NF C 13 -100) correspond à la somme des courants assignés des transformateurs.  $S_n = 12.61\text{MVA}$  soit  $I_b = 364\text{A}$  sous 20kV. Le réglage, préconisé par la NF C 13 100, doit être inférieur à la plus petite des deux valeurs suivantes :

$$I_r < 8 \cdot I_b \quad \text{Et} \quad I_r < 0,8 \cdot I_{k2 \text{ mini}}$$

Dans le cas présent :

$$8 \cdot I_b = 8 \cdot 364 = 2912 \text{ A}$$

$$0,8 \cdot I_{k2 \text{ mini}} \text{ depuis PDL2} = 0,8 \cdot 2240 = 1792 \text{ A}$$

De plus le courant de magnétisation du site (appel de courant résultant de la mise sous tension des installations) ne doit pas solliciter la protection. Courant  $I_{e \text{ RMS}}$  (vu par relais RPN si la mesure est réalisée par transformée de Fourier (\*\*)) = 1007@80ms (voir §8)

Réglages Préconisés (\*) :

**$I_r = 1.7 \text{ kA}$     $t = 0,150 \text{ s}$**  (blocage logique par disjoncteurs en aval)

**$I_r = 1.7 \text{ kA}$     $t = 0,240 \text{ s}$**  (secours chronométrique)

TC Protection : 200-400/1 couplés en 400 Classe 5P30 2VA selon [DR01]

(\*) A valider avec les services d'ENEDIS.

(\*\*) A valider par le constructeur du relais

### 7.2 Seuils de la protection homopolaire

Schéma de liaison à la terre au poste source amont : IMPEDANT [DR02]

Courant de limitation – 300A ; Pas de neutre compensé en amont [DR02]

La fonction homopolaire (PAH) étant assurée par un montage en sommation de 3 TC (400/1), les critères de réglages sont :

$$I_r > 1,2 \cdot I_c \quad \text{Et} \quad I_r > 12\% \cdot I_{nTC} (***)$$

**Courant capacitif total :  $I_c = 14.44 \text{ A}$**  (voir § 9.3.1.1)

Dans le cas présent :

$$I_r > 1,2 \cdot 14.44 = 17.4 \text{ A (usuel } 2I_c = 28\text{A)}$$

$$I_r > 12\% \cdot 400 = 48 \text{ A}$$

Réglages Préconisés (\*) :

**$I_r = 48 \text{ A}$     $t = 0,150 \text{ s}$**  (blocage logique par disjoncteurs avals)

**$I_r = 48\text{A}$     $t = 0,240 \text{ s}$**  (secours chronométrique)

TC Protection : 200-400/1 couplés en 400 Classe 5P30 2VA selon [DR01]

(\*) A valider avec les services d'ENEDIS en fonction du seuil max du poste source

(\*\*) Cf datasheet du RPN

(\*\*\*) Usage ENEDIS permettant de garantir la non sensibilité lors de la mise sous tension due à l'imprécision des TC – montage sommateurs 3TC). En complément un calcul d'imprécision du courant homopolaire issu des TC est présenté en annexe n°9.

## 8. COURANTS D'ENCLenchement

### 8.1 Généralités

Lors de la magnétisation des transformateurs un courant d'appel transitoire dissymétrique dont la valeur crêtes peut atteindre plusieurs fois la valeur nominale du transformateur apparait. Ce courant d'appel peut être caractérisé par la formule suivante :

$$I_{encl}(t) = K * I_n * e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Avec :

$I_n$  = Courant nominal du transformateur

$K$  = Constante d'enclenchement du transformateur

$\tau$  = Constante de temps

Ci après le tableau des valeurs caractéristiques retenues pour la modélisation du courant d'enclenchement en fonction de la puissance et du type de transformateur.

Type	Sn Transformateur [kVA]	Tau [s]	K [Iencl/I <sub>n</sub> ]	I <sub>n</sub> [A]
ONAN	250	0,21	13	7,22
SEC	250	0,21	10	7,22
ONAN	400	0,25	12	11,55
SEC	400	0,25	10	11,55
ONAN	630	0,26	11	18,19
SEC	630	0,26	10	18,19
ONAN	800	0,3	10	23,09
SEC	800	0,3	10	23,09
ONAN	1000	0,34	9,5	28,87
SEC	1000	0,34	10	28,87
ONAN	1250	0,36	9	36,08
SEC	1250	0,36	10	36,08
ONAN	1600	0,4	8,5	46,19
SEC	1600	0,4	10	46,19
ONAN	2500	0,4	8	72,17
SEC	2500	0,4	10	72,17
ONAN	3150	0,65	6	90,93
SEC	3150	0,65	10	90,93

Les courants d'enclenchement pouvant prendre des valeurs supérieures aux réglages MAX I pendant la magnétisation, il faut s'assurer que la protection générale, les protections de boucle et les protections terminales, soient immunisées face aux courants d'enclenchement des transformateurs respectivement en aval de chaque protection soit :

- En adaptant le seuil MAX de I pour être insensible naturellement aux courants d'enclenchement
- En utilisant des technologies de relais de protection numériques intégrant dans leur mode de calcul une atténuation du courant d'enclenchement
- Ou lorsque ces dispositions sont insuffisantes, en ajoutant un blocage du seuil I>> par retenue de rang 2 (le courant d'enclenchement étant majoritairement composé d'harmonique de rang 2). Dans la pratique, lorsque requis, on appliquera un seuil de 15% à 20% de courant de rang 2 bloquant le decl de la protection.

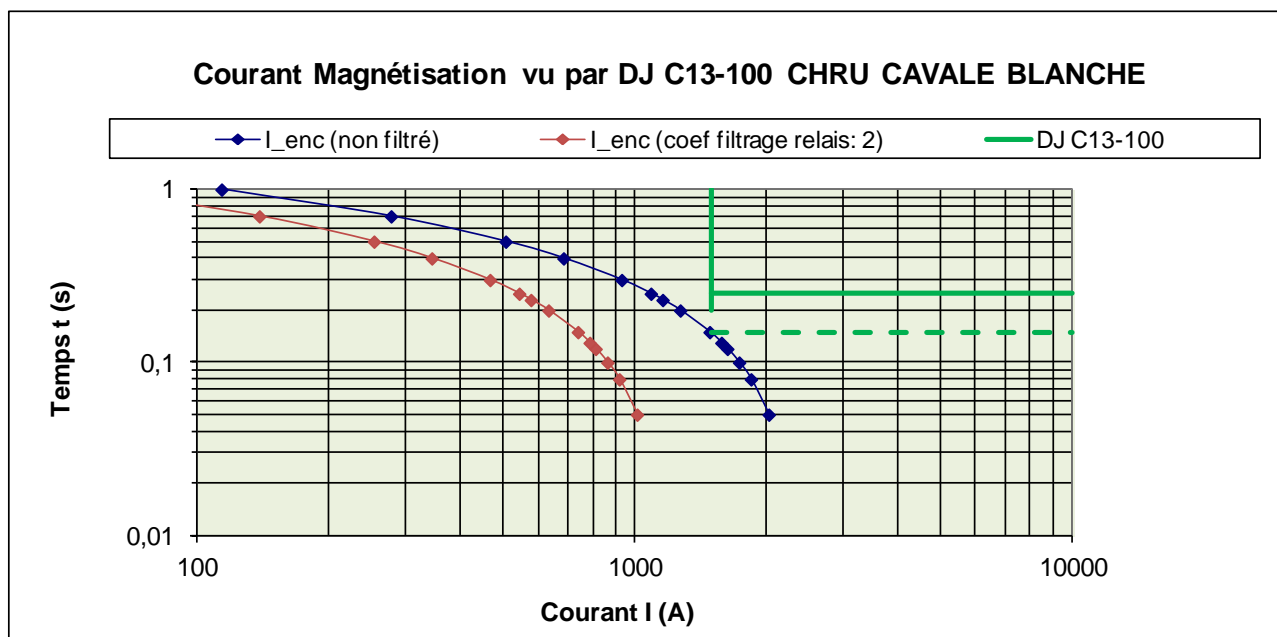
## 8.2 Courant d'enclenchement théorique vu par le DJ C13-100

La courbe tracée ci après est une courbe enveloppe majorante :

- ✓ en rouge la courbe du courant RMS vu par un RPN pourvu d'un filtrage naturel – technologie de mesure basée sur la transformée de fourrier) à hauteur de 50% (disposition usuelle)
- ✓ en bleu la courbe du courant RMS sans filtrage.

Les droites vertes matérialisent les seuils [51] (bloqué et non bloqué) de la protection C13-100

Un=20.8kV



t (s)	0,1	0,12	0,13	0,15	0,2	0,23	0,25
Ie (A) Non Filtré théorique	1733,34	1628,81	1578,99	1483,96	1271,13	1158,66	1089,38
Ie (A) Filtré	866,67	814,41	789,49	741,98	635,56	579,33	544,69

Puissance Tr [kVA]	
100	
160	1
250	
400	
630	
800	10
1000	
1250	1
1600	2

Utilisation d'une technologie de relais numérique intégrant un filtrage naturel est requise. Le seuil max de I du C13-100 réglé à 1700A et temporisé à 150ms sera alors insensible à la magnétisation. SATISFAISANT.

Nota : Les TR US (alimentés depuis le JDB GE ne sont pas magnétisés par le réseau ENEDIS).

### 8.3 Courant d'enclenchement théorique vu par la tête de boucle A

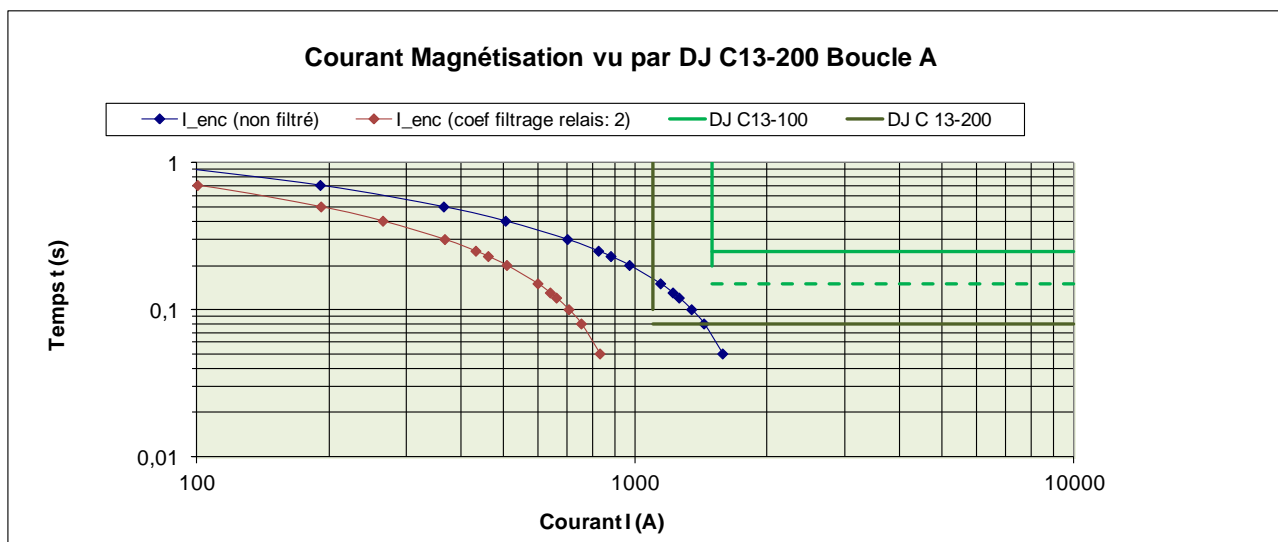
(La boucle A est celle pour laquelle la contrainte lors de la magnétisation est la plus forte, à fortiori lors du fonctionnement ensemble en antenne depuis le même PR)

La courbe tracée ci après est une courbe enveloppe majorante :

- ✓ en rouge la courbe du courant RMS vu par un RPN pourvu d'un filtrage naturel – technologie de mesure basée sur la transformée de fourrier) à hauteur de 50% (disposition usuelle)
- ✓ en bleu la courbe du courant RMS sans filtrage.

Les droites vertes matérialisent les seuils [51] (bloqué et non bloqué) de la protection C13-100

Les droites marron matérialisent les seuils [51] (bloqué) de la protection de tête de boucle C13-200



t (s)	0,1	0,12	0,13	0,15	0,2	0,23	0,25
Ie RMS(A) Non Filtré théorique	1344,03	1259,17	1218,78	1141,85	970,16	879,84	824,37
Ie RMS(A) si filtre transformé fourrier RPN (50%)	705,62	661,07	639,86	599,47	509,34	461,92	432,79

Puissance Tr [kVA]	
100	
160	
250	
400	
630	
800	10
1000	
1250	1
1600	

Utilisation d'une technologie de relais numérique intégrant un filtrage naturel est requise. Le seuil max de I (1100A – 0.08s DT) du DJ Boucle A (boucle la plus chargée), dans la configuration la plus défavorable (ensemble de la boucle A est magnétisée en antenne depuis le même PR), sera alors insensible à la magnétisation. SATISFAISANT.

Nous préconisons cependant de maintenir un point d'ouverture milieu pour la répartition de la magnétisation sur les deux feeder et limiter les conséquences d'un déclenchement en cas de défaut.

Le plan de protection n'admet pas le fonctionnement en boucle fermée, la fermeture de la boucle doit être limitée au temps strictement nécessaire aux manœuvres, changement de position du point d'ouverture par exemple.

## 9. DETERMINATION ET COORDINATION DES PROTECTIONS C13-200

### 9.1 Principes de protection

Pour assurer la sélectivité des seuils HTA proposés les principes suivants ont été retenus :

#### 9.1.1 Sélectivité Ampèremétrique :

La sélectivité Ampèremétrique peut être recherchée lorsque l'impédance entre deux zones protégées est telle que  $I_{k3max} \text{ aval (vu par l'amont)} < 0.8 \cdot 0.8 \cdot I_{k2min} \text{ amont}$ . Dans la pratique utiliser pour les protections amont/aval des transformateurs.

#### 9.1.2 Sélectivité Chronométrique :

Lorsqu'il n'existe pas de lien logique entre les protections amont et aval, une marge chronométrique est systématiquement appliquée. En effet il est nécessaire de respecter un intervalle de sélectivité entre les temporisations successives. L'intervalle de sélectivité ( $\Delta t$ ) doit être suffisant pour permettre l'élimination du défaut par la protection la plus proche de ce défaut

L'intervalle de sélectivité doit prendre en compte les paramètres suivants :

- Le temps de coupure du disjoncteur = 80 ms
- Le temps de retombée du relais amont = 30 ms
- Tolérance temps sortie / entrée logique =  $2 \cdot 20\text{ms} = 40\text{ms}$
- Une marge de sécurité = 50ms

Soit un  **$\Delta t \text{ mini} = 200\text{ms}$**  – (jusqu'à 300ms pour les relais analogique)

#### 9.1.3 Sélectivité Logique :

Lorsqu'il existe un lien physique entre les relais il est possible d'employer la sélectivité logique. Ceci est notamment nécessaire afin d'assurer une sélectivité entre plusieurs niveaux de protection lorsque la protection amont est pourvue d'une temporisation « courte » (cas de la temporisation ENEDIS sur DJ C13-100 permettant marge chrono faible avec les disjoncteurs éventuellement en aval).

La sélectivité logique consiste en l'activation d'une entrée sur le relais amont lorsque le seuil instantané du relais aval est activé (défaut vu par les deux relais en cascade). Cette entrée lorsqu'elle est activée permet un blocage du relais amont (afin de laisser le temps à la protection aval d'éliminer le défaut). En revanche lorsque le défaut est vu uniquement par la protection amont (pas d'activation de l'entrée dédiée) alors le défaut est éliminé par cette protection amont avec une temporisation courte.

Dans le carnet de réglage, les seuils concernés par un blocage logique seront noté « B.L. »

A noter pour les protections DJ C13-100 (protection générale ENEDIS) que le seuil « bloqué » doit être accompagné systématiquement d'un seuil complémentaire (en « court-circuit » et en « homopolaire »), non concerné par le blocage logique, il est nommé « secours chronométrique ».

Le principe est employé pour les seuils « court-circuit » et « homopolaire ». Un synoptique de principe des liens logiques proposés est annexé au présent document.



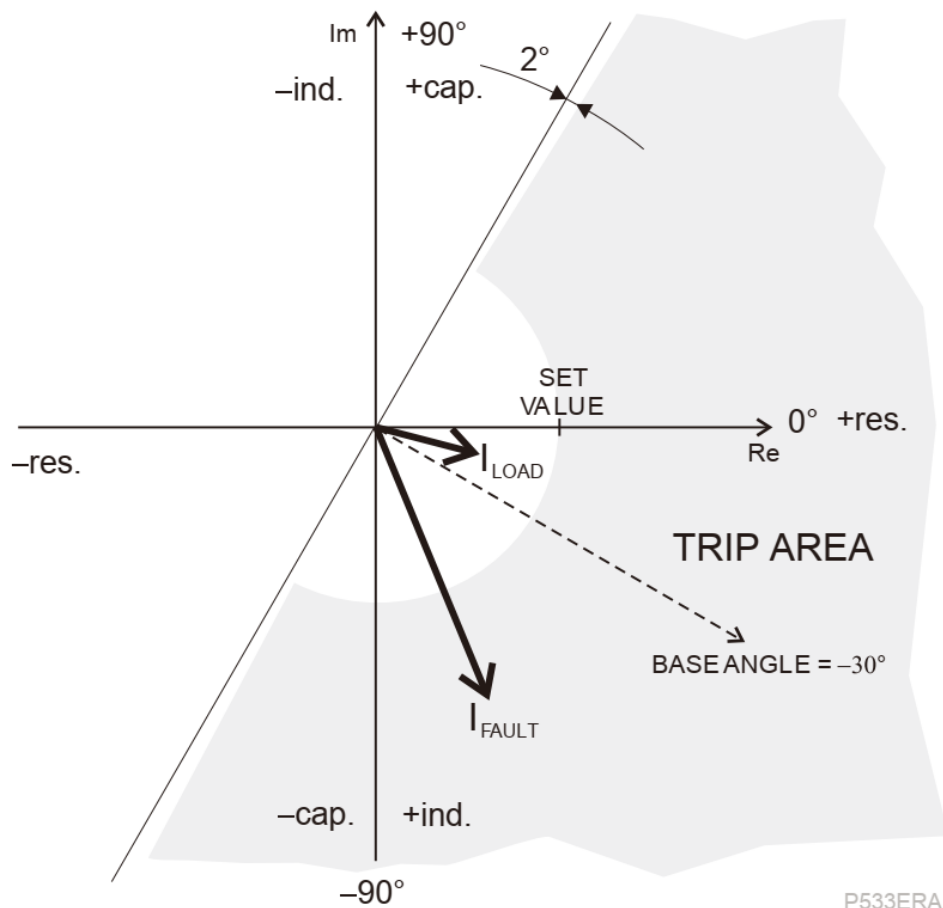
#### 9.1.4 Seuils directionnels

Dans la présente étude les fonctions directionnelles de courant de phase [67] ainsi que directionnelles de courant homopolaire [67N] sont utilisées dans le but de garantir une sélectivité dans le cas suivant :

- Elimination sélective d'un GE en défaut en configuration iloté (discrimination de la branche en défaut par analyse du sens de transit du courant de défaut).
- Elimination d'un défaut traversant l'interco-PR (PR1-PR2) du côté de la source active

Le bon fonctionnement des protections directionnelles est conditionné par le respect des règles de montage des TC, la concordance des références tension avec la grandeur courant, le respect du champ tournant. Il est impératif de contrôler la conformité des montages et câblages des transformateurs de courant ainsi que des références tension par rapport aux spécifications du constructeur (exigences datasheet relais de protection). La programmation de la directionnalité tiendra compte de la mise en œuvre réelle de la protection et de ses capteurs.

Dans la suite du document, pour un déclenchement « aval » (FORWARD) l'angle de directionnalité sera proposé référencé par rapport à la tension simple de la phase en défaut (ci après figure de la datasheet P3U) dans un montage P1 coté barre, S2 à la terre.



L'angle caractéristique sera exprimé par rapport à la tension simple de la phase en défaut. Correspond à l'angle (V1/V1) lors d'un courant de défaut phase 1 en retard par rapport à sa tension simple V1. Attention, la grandeur de polarisation peut varier en fonction de la technologie des relais : si l'angle à programmer est référencé par rapport à la tension composée U23 en quadrature (angle de branchement 90°) alors l'angle à programmer sera  $-45+90=+45^\circ$ . Vérifier les spécifications du constructeur. A valider par test fonctionnel.

### 9.1.5 Protection des transformateurs HTA/BT par disjoncteur au primaire

#### Principe de protection :

Le relais associé au disjoncteur en amont d'un TR HTA/BT doit assurer la protection de la zone primaire et de la zone secondaire du transformateur.

Le seuil « lent » ( $I>$ ) assure une protection en back up du défaut polyphasé coté BT par la HTA, il est apte à éliminer  $I_{k2}$  mini sur l'enroulement secondaire. Ce seuil doit être temporisé pour permettre une élimination prioritaire par le DGBT. Ce seuil « lent » doit être insensible à la magnétisation.

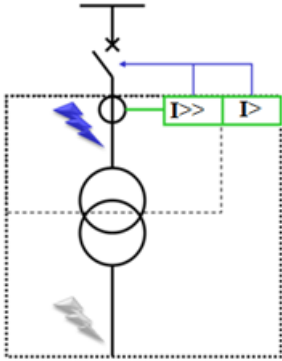
**$I_r < 0.8 \cdot I_{k2} \text{ min BT vu par la HTA}$**

**$I_r > 2 \cdot I_n \text{ TR}$**

**Temporisation usuelle mini 500ms pour sélectivité avec le DGBT**, ( $T_{sd}$  préconisé coté BT 200ms – a adapter en fonction de l'étude de sélectivité BT).

Le seuil « rapide » ( $I>>$ ) assure une élimination rapide (et sélective vis-à-vis des protections en amont) du défaut polyphasé au primaire de TR. Autant que faire se peut ce seuil doit être insensible aux défauts max BT.

**$I_r > 1.2 \cdot I_{k3} \text{ max BT vu par la HTA}$**



La protection homopolaire du terminal est réglée de telle sorte que  $I_r < 0.1 \cdot I_{L \text{ limitation}}$ . Un réglage à 10% IL permet en effet de couvrir au moins 90% d'un couplage étoile et 100% d'un couplage triangle.

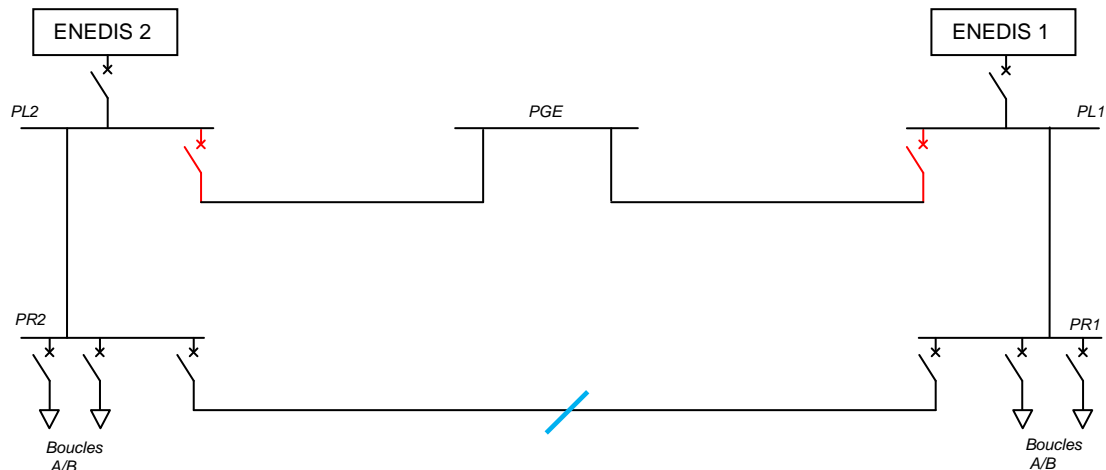
La protection surcharge du transformateur sera à assurer par le seuil  $I_{th}$  du DGBT ainsi que les sondes de températures. La protection surcharge du transformateur assure également la protection surcharge de la liaison HTA qui l'alimente.

## 9.2 Protection contre les défauts polyphasés

### 9.2.1 Protections encadrant la liaison inter PDL (PL1-GE et PL2-GE) et inter PR (PR1-PR2 et PR2-PR1)

Matériel	
Identification	D PL1 – GE12 / D PL2 – GE34 D PR1-PR2 / D PR2-PR1
Localisation	PL1 / PL2 / PR1 / PR2
Type DJ	DM1 / SCHNEIDER SM6 – 20kV – 400A 12.5kA/1s
Relais	EASERGY P3
TC phase	400/1 5P15 5VA ( PLx) et 200/1 5P15 5VA (PRx)
Equipement aval	Ensemble du réseau HTA du site

Synthèse des paramètres électriques et critères de réglages	
Ik3max (ENEDIS + GE couplé fugitif)	7 kA
Ik2min réseau 20kV (ENEDIS)	2.15 kA
Ikmin réseau 20kV (2GE ilotés)	0.43kA
Ik3 max BT en aval de TR 1600kVA	35 kA (coté 0,41kV) soit 0.72kA coté 20kV
$\Sigma I_n$ TR par boucle	Boucle A = 267 A Boucle B = 92 A
Courants admissible dans la liaison 150mm <sup>2</sup>	252 A (y compris tolérance 5%)
Imag $\Sigma$ TR ensemble du site @80ms (cas le plus défavorable)	1007A@80ms  (En intégrant que la technologie RPN puisse intégrer un filtrage naturel 50% du fait de la décomposition Fourier)
Imag lors de la reprise sur GE	Couplage à l'arrêt, <b>magnétisation progressive par rampe de tension.</b>
K <sup>2</sup> S <sup>2</sup> (150mm <sup>2</sup> ALU) - 1s	203*10 <sup>6</sup> soit tmax=4.1s sous 7kA



#### Hypothèse / contexte de fonctionnement.

En fonctionnement normal, un seul DJ C13-100 ENEDIS est fermé et la liaison inter PDL (encadrée par D PL1-GE et D PL2-GE) est fermée afin d'alimenter le PL/PR opposé.

Les deux boucles HTA (A/B) sont ouvertes, préférentiellement point d'ouverture milieu.

Cette architecture introduit donc une dissymétrie dans l'alimentation des têtes de boucles issue du PR opposé par rapport à celles issues du PR immédiatement en aval du C13-100 actif. Les deux protections encadrant la liaison inter PDL se retrouvent en passage pour l'alimentation du PR opposé. En fonctionnement ENEDIS, nous proposons que la protection à l'aboutissant de la liaison (coté du D C13-100 ouvert) soit inhibée/désactivée.

En fonctionnement GE iloté, la liaison inter PDL (encadrée par D PL1-GE et D PL2-GE) est fermée pour alimenter les deux PR depuis DJS1ouDJS2. Dans cette configuration, nous proposons que les deux protections D PL1-GE et D PL2-GE (se trouvant à l'aboutissant), soient inhibées/désactivées.

Nota : La liaison interconnectant les PR (encadrée par D PR1-PR2 et D PR2-PR1) est toujours ouverte, elle est fermée uniquement en cas de défaillance / indisponibilité / maintenance d'un PDL ou d'une liaison HTA.

### Seuils proposés pour les départs PLx-PGE (x= 1ou2)

**GROUPE DE REGALGES A** : (Actif ssi le DJ C13-100 du PLx est fermé (x= 1ou2), inactif si ouvert, inactif si GE ilotés)

I> [50/51] : 260A IEC VIT (Très Inverse) k=1.7

I>> [50/51] : 1300A – 0.1s DT

Pick-up du seuil I>> doit bloquer I>> D C13-100 PLx (directement en amont)

L'action de déclenchement de ce seuil doit être inhibé par I>> des têtes des boucles A et B

L'action de déclenchement de ce seuil doit être inhibé par I>> des protections inter PR (D PR1-PR2 et D PR2 –PR1)

L'action de déclenchement de ce seuil doit être inhibé par I>> de la protection TR Servitude

DT : Temporisation à temps constant (Definite Time)

IEC VIT : Temporisation à temps inverse  $t = TMS \times 13.5 / [(I/I_s)^{-1} - 1]$  ( $\beta=1.5$ ) \_ CEI type B

Le seuil I>> (JEU A) est inférieur au seuil DJ C13-100 préconisé en amont afin de palier aux incertitudes de mesure. Pour être sélectif avec la protection amont le pick-up de ce seuil doit bloquer le seuil I>> D C13-100 de ce PLx.

La marge chronométrique avec le secours chronométrique de la protection C13-100 en amont est faible (<200ms).

Ce seuil permet l'élimination d'un défaut polyphasé min éloigné sur le réseau 20kV en configuration ENEDIS. Ce seuil est insensible au courant de magnétisation des transformateurs HTA/BT du site.

Ce seuil est naturellement insensible à l'I<sub>kmax</sub> BT du plus gros des transformateurs.

Le déclenchement de cette protection doit être bloquée par les têtes des boucles pouvant être en aval, les protections encadrant la liaison inter-PR et la protection TR Servitude afin d'assurer la sélectivité avec ces protections.

Le seuil I> (JEU A), protection à temps inverse réglée à 1.05\*I<sub>z</sub> (courant admissible dans la boucle HTA) assure la protection surcharge de la liaison 150mm<sup>2</sup>. Capacité de transit = 8.5MVA.

### Seuils proposés pour les départs PR1 – PR2 et PR2 – PR1

**GROUPE DE REGALGES A** : (un des DJ C13-100 fermé au PDL1 ou au PDL2)

I> [50/51] : 240A IEC VIT (Très Inverse) k=1.7

I>>↑ [67] : 1300A – 0.1s DT Decl DIR vers l'aval. (DECL FORWARD)

Pick-up du seuil I>> doit bloquer I>> D C13-100 PLx (directement en amont) ainsi que I>> D PL1-GE et D PL2-GE

**GROUPE DE REGALGES B** : (Centrale GE ilotée, les deux DJ C13-100 sont OUVERT )

I> [50/51] : 240A IEC NI (Normal Inverse) k=0.2

I>>↑ [67] : 330A – 0.5s DT Decl DIR vers l'aval. (DECL FORWARD)

DT : Temporisation à temps constant (Definite Time)

IEC VIT : Temporisation à temps inverse  $t = TMS \times 13.5 / [(I/I_s)^{-1} - 1]$  ( $\beta=1.5$ ) \_ CEI type B

Le seuil I>>↑ (JEU A) est inférieur au seuil DJ C13-100 préconisé en amont afin de palier aux incertitudes de mesure. Pour être sélectif avec protection amont le pick-up de ce seuil doit bloquer le seuil I>> D C13-100 du PL directement en amont ainsi que les seuils I>> de D PDL1-GE et D PDL2-GE.

La marge chronométrique avec le secours chronométrique de la protection C13-100 en amont est faible (<200ms).

Ce seuil permet l'élimination d'un défaut polyphasé min éloigné coté 20kV sur les installations lorsque celles-ci sont alimentées via la liaison secours inter-PR. **A noter que dans cette situation la liaison inter-PR déclenchera sans sélectivité avec les têtes de boucle du PR opposé.** Le PR sain reste alimenté.

Ce seuil est insensible au courant de magnétisation des transformateurs HTA/BT du site.

La directionnalité du seuil I>>↑ rend insensible la protection à l'aboutissant de la liaison inter-PR sur défaut traversant.

Ce seuil est naturellement insensible à l'I<sub>kmax</sub> BT du plus gros des transformateurs.

Le seuil I> (JEU A), protection à temps inverse réglée à 1.05\*I<sub>z</sub> (courant admissible dans la boucle HTA) assure la protection surcharge de la liaison 150mm<sup>2</sup>. Seuil limité à 1,2\*I<sub>n</sub> TC.

Le seuil I>>↑ (JEU B) (Centrale GE ilotée uniquement) permet l'élimination d'un défaut polyphasé min éloigné coté 20kV sur les installations lorsque celles-ci sont alimentées via la liaison secours inter-PR. **A noter que dans cette situation la liaison inter-PR déclenchera sans sélectivité avec les têtes de boucle du PR opposé.** Le PR sain reste alimenté.

La sélectivité entre ce seuil et les seuils polyphasés en amont (Protection JDB centrale GE) sera chronométrique.

La directionnalité du seuil I>>↑ rend insensible la protection à l'aboutissant de la liaison inter-PR sur défaut traversant.

Le seuil I> (JEU B) est coordonné avec les seuils I> des débits GE.

## 9.2.2 Protections départs boucles 20kV PR1 / PR2 vers Boucle A et Boucle B

Matériel	
Identification	D PR1-BA/ D PR1-BB/ D PR2-BA/ D PR2-BB
Localisation	Départs vers boucles (depuis poste PR1 – PR2)
Type DJ	SCHNEIDER SM6 – 20kV – 400A 12.5kA/1s
Relais	EASERGY P3
TC phase	200/5 5P15 5VA pour PR1-/- 200/1 5P15 5VA pour PR2
TP V	20000/ $\sqrt{3}$ / 100/ $\sqrt{3}$ (références 100V TP de chaque départ vers relais)
Equipement aval	Postes des boucles 20kV A et B

Synthèse des paramètres électriques et critères de réglages	
Ik3max (ENEDIS + GE couplé fugitif)	7 kA
Ik2min réseau 20kV (ENEDIS)	2.15 kA
Ikmin réseau 20kV (2GE ilotés)	0.43kA
Ik3 max BT en aval de TR 1600kVA	35 kA (coté 0,41kV) soit 0.72kA coté 20kV
$\Sigma$ In TR par boucle ( car le plus défavorable ensemble en antenne depuis PRx)	Boucle A = <b>267 A</b> Boucle B = 92 A
Courants admissible dans les boucles	Boucle HTA (95mm <sup>2</sup> ALU) = 195 A (y compris tolérance 5%)
Imag $\Sigma$ TR par boucle @50ms (cas le plus défavorable ensemble en antenne depuis PRx)	Boucle A = 850A@50ms Boucle B = 257A@50ms  (En intégrant que la technologie RPN puisse intégrer un filtrage naturel 50% du fait de la décomposition Fourier)
Imag lors de la reprise sur GE	Couplage à l'arrêt, <b>magnétisation progressive par rampe de tension.</b>
K <sup>2</sup> S <sup>2</sup> (95mm <sup>2</sup> ALU) - 1s	81.4*10 <sup>6</sup> soit tmax=1.6s sous 7kA

### Seuils proposés pour les départs des boucles A et B

**GROUPE DE REGALGES A** : (un des DJ C13-100 fermé au PDL1 ou au PDL2)

I> [50/51] : 200A IEC VIT (Très Inverse) k=1.5

I>> [50/51] : 1100A – 0.08s DT

Pick-up de I>> doit bloquer seuils I>> D C13-100 du PL directement en amont ainsi que I>> de D PL1-GE et D PL2-GE  
Pour les départs de la boucle B, l'action de déclenchement de ce seuil doit être inhibé par I>> D TR1 ICI1 et ICI2.

**GROUPE DE REGALGES B** : (Centrale GE ilotée, les deux DJ C13-100 sont OUVERT )

I> [50/51] : 200A IEC NI (Normal Inverse) k=0.2

I>> [50/51] : 300A – 0.5s DT

DT : Temporisation à temps constant (Definite Time)

IEC VIT : Temporisation à temps inverse  $t = TMS \times 13.5 / [(I/I_s)^{1.5} - 1]$  ( $\beta=1.5$ ) \_ CEI type B  
IEC NI : Temporisation à temps inverse  $t = TMS \times 0.14 / [(I/I_s)^{0.02} - 1]$  ( $\beta=2.97$ ) \_ CEI type A

Le seuil I>> (JEU A) est inférieur au seuil DJ C13-100 préconisé en amont afin de palier aux incertitudes de mesure.  
Pour être sélectif avec les protections amont le pick-up de ce seuil doit bloquer les seuils I>> D C13-100 du PL directement en amont ainsi que les seuils I>> de D PDL1-GE et D PDL2-GE.

La marge chronométrique avec le secours chronométrique de la protection C13-100 en amont est faible (<200ms).

Ce seuil permet l'élimination d'un défaut polyphasé min à l'aboutissant de la boucle 20kV en configuration ENEDIS. Ce seuil est insensible au courant de magnétisation des transformateurs HTA/BT en aval de chaque boucle.

Ce seuil est naturellement insensible à l'Ikmax BT du plus gros des transformateurs.

Pour la boucle A, en cas de défaut polyphasé HTA, la sélectivité entre les fusibles HTA et la protection de tête de boucle est chronométrique (temps de fusion fusible <15ms).

Pour la boucle B, en cas de défaut polyphasé HTA primaire TR, la mise en place d'un blocage logique de ce seuil par le seuil aval (départ Dj des TR ICI1/2) est requise pour élimination sélective de la branche TR en défaut.

Le seuil I> (Jeu A), protection à temps inverse réglée à  $1.05 \cdot I_z$  (courant admissible dans la boucle HTA) assure la protection surcharge de la liaison 95mm<sup>2</sup>.

Le risque de déclenchement de la protection surcharge est à analyser dans le cadre d'un LOAD FLOW. Si nécessaire, possibilité d'accompagner ce seuil en déclenchement d'une alarme technique à destination du quart / service d'exploitation de réorganiser la boucle HTA / délester afin de quitter la zone de contrainte thermique et le risque de déclenchement.

Seuil Alarme (à titre indicatif : 180A – 3s DT) – PAS DE DECLENCHEMENT.

Le seuil I>> (JEU B) (Centrale GE ilotée uniquement) permet l'élimination d'un défaut polyphasé min à l'aboutissant de la boucle 20kV en configuration mini 2GE. En cas de reprise en iloté suite à absence secteur par le centrale GE, la magnétisation se fera via une rampe de tension (couplage à l'arrêt) – pas de surintensité à la magnétisation. Lors du fonctionnement sur GE ilotés, si des postes doivent être déclenchés/enclenchés, l'opération doit être réalisée de façon séquencée.

La sélectivité entre ce seuil et les seuils polyphasés en amont (Protection JDB centrale GE) sera chronométrique.

Pour la boucle B, la sélectivité entre ce seuil et les seuils polyphasés en aval (Protection Dj au primaire des TR ICI) sera chronométrique.

Pour la boucle A, la sélectivité entre ce seuil et les fusibles HTA en aval sont résumés au §12.

Le seuil I> (JEU B) est coordonné avec les seuils I> des débits GE.

**Nous préconisons de maintenir un point d'ouverture milieu pour la répartition des charges sur les boucles et limiter les conséquences d'un déclenchement en cas de défaut.**

**Le plan de protection n'admet pas le fonctionnement en boucle fermée, la fermeture de la boucle doit être limitée au temps strictement nécessaire aux manœuvres, changement de position du point d'ouverture par exemple.**

### 9.2.3 Protections primaires des TR ICI1 / ICI2 (1600kVA)

Matériel	
Identification	D TR1 ICI1 / D TR1 ICI2
Localisation	P ICI 1 / 2
Type DJ	SCHNEIDER SM6 – 20kV – 400A 12.5kA/1s
Relais	EASERGY P3
TC phase	50-100/1 5P10 15VA
Equipement aval	Transformateur HTA/BT 1600kVA
Synthèse des paramètres électriques et critères de réglages	
Ik2min réseau 20kV (ENEDIS)	2,15 kA
Ikmin réseau 20kV (2GE ilotés)	0.43kA
Ik3 max BT TR 1600kVA (ENEDIS)	35 kA (coté 0,41kV) soit 0.72kA coté 20kV
Ik2 min BT TR 1600kVA (ENEDIS)	23.5 kA (coté 0,41kV) soit 0.48kA coté 20kV
Ik min BT TR 1600kVA (GE)	15.3 kA (coté 0,41kV) soit 0.31kA coté 20kV
In TR	46.2A
K <sup>2</sup> S <sup>2</sup> (50mm <sup>2</sup> ALU) - 1s	22.5*10 <sup>6</sup> soit tmax=0.45s sous 6.94kA

#### Seuils proposés pour les départs TR1600kVA P ICI 1/2

**GROUPE DE REGALGES A** : (un des DJ C13-100 fermé au PDL1 ou au PDL2)

I> [50/51] : 320A – 0.5s DT

I>> [50/51] : 850A – 0.05s DT

Pick-up de I>> doit bloquer les seuils I>> des têtes de boucle B au PR1 et PR2.

Nota : Si TC 5P10, préconisation couplage en 100/1.

**GROUPE DE REGALGES B** : (Centrale GE ilotée, les deux DJ C13-100 sont OUVERT)

I> [50/51] : 185A – 0.5s DT

I>> [50/51] : 280A – 0.25s DT

I>>> [50/51] : 850A – 0.05s DT

DT : Temporisation à temps constant (Definite Time)

L'écart entre l'Ik2mini BT (2GE) et l'ik3max BT ( ENEDIS) ne permet pas de réunir de façon robuste l'ensemble des objectifs (§9.1.5) dans un même groupe de réglage. Nous préconisons d'employer pour cette protection terminale un JEU A (ENEDIS) et JEU B (GE Ilotés)

Le seuil I> (JEU A) est inférieur à 0.8\*Ik2 min BT (config ENEDIS) vu par la HTA et supérieur à 2\*In TR.

Le seuil I>> (JEU A) permet l'élimination rapide d'un défaut polyphasé au primaire TR. Pour être sélectif avec les protections en amont, le pick-up de ce seuil doit bloquer le déclenchement associés aux seuils I>> des protections D PR1-BB et D PR2-BB. Ce seuil est insensible à l'ik3max BT vu par la HTA.

Le seuil I> (JEU B) est inférieur à 0.8\*Ik min BT (config GE) vu par la HTA et supérieur à 2\*In TR.

Le seuil I>> (JEU B) permet l'élimination d'un défaut polyphasé au primaire TR en config mini GE, il permet la sélectivité chronométrique les protections de tête de boucle jeu B.

Nota : En jeu B, Coté BT, en cas de défaut >14kA déclenchement HTA en même temps que DGBT (Tsd = 200ms).

Le seuil I>>> (JEU B) permet l'élimination rapide de d'un défaut polyphasé au primaire TR en config max 4GE. Ce seuil est insensible à l'ik3max BT vu par la HTA.

*Seuil protection DGBT pour coordination BT/HTA (donnée à titre indicatif – à analyser en fonction de la note de calcul NFC15-500 et analyse sélectivité BT) – hors périmètre de cette analyse*

*Seuils donnés pour matériel générique In 2500A*

*(In TR = 2253A @410V)*

*Ir = 2250A (0.9In) / tr@6Ir = 0.5s*

*Isd = 11250A (5\*Ir) / tsd max=0.2s i<sup>2</sup>t=OFF*

*Li= selon étude sélectivité TGBT (33kA max préconisé pour sélectivité avec seuil rapide au primaire)*

## 9.2.4 Protection primaire du TR servitude (160kVA)

Matériel	
Identification	D TR servitude
Localisation	P GE34
Type DJ	SCHNEIDER SM6 – 20kV – 400A 12.5kA/1s
Relais	EASERGY P3
TC phase	50/1 5P15 5VA
Equipement aval	Transformateur HTA/BT 160kVA

Synthèse des paramètres électriques et critères de réglages	
Ik2min réseau 20kV (ENEDIS)	2,15 kA
Ikmin réseau 20kV (2GE ilotés)	0.43kA
Ik3 max BT TR 160kVA (ENEDIS)	4.05 kA (coté 0,41kV) soit 83 A coté 20kV
Ik min BT TR 160kVA (GE)	3 kA (coté 0,41kV) soit 61A coté 20kV
In TR	4.6A
K²S² (50mm² ALU) - 1s	22.5*10 <sup>6</sup> soit tmax=0.45s sous 7kA

### Seuils proposés pour le départ des boucles A et B

**GROUPE DE REGALGES A** : (jeu de réglage unique)

I> [50/51] : 35A – 0.5s DT

I>> [50/51] : 250A – 0.05s DT

Pick-up de I>> doit bloquer le déclenchement des seuils I>> de D PDL1-GE et D PDL2-GE

DT : Temporisation à temps constant (Definite Time)

L'ensemble des objectifs (§9.1.5) peuvent être réunis dans un même jeu de réglage.

Le seuil I> (JEU A) est inférieur à 0.8\*Ik2 min BT (config GE) vu par la HTA et supérieur à 2\*In TR.

Le seuil I>> (JEU A) permet l'élimination rapide d'un défaut polyphasé au primaire TR tout en étant insensible à l'ik3 max BT vue par la HTA. Pour être sélectif avec les protections en amont, le pick-up de ce seuil doit bloquer le déclenchement associés aux seuils I>> des protections D PDL1-GE et D PDL2-GE

*Seuil protection DGBT pour coordination BT/HTA (donnée à titre indicatif – à analyser en fonction de la note de calcul NFC15-500 et analyse sélectivité BT) – hors périmètre de cette analyse*

*Seuils donnés pour matériel générique In 250A*

*(In TR = 225A @410V)*

*Ir = 225A (0.9In) / tr @6Ir = 1s*

*Isd = 8\*Ir (1800A)*



## 9.2.5 Protections Générales GE S1 \_ GE S2

En fonctionnement iloté, 1 seul D GE Sx (x=1 ou 2) est fermé.

Matériel	
Identification	D GE SECOURS 1 / D GE SECOURS 2
Localisation	PGE12 / PGE34
Type DJ	DM2 / SCHNEIDER SM6 – 20kV – 400A 12.5kA/1s
Relais	EASERGY P3
TC phase	200- <del>400</del> /1 5P10 15VA
Equipement aval	Centrale GE

Synthèse des paramètres électriques et critères de réglages	
Ik min 2GE	432A (coté 20kV)
Ik min 3GE	646A (coté 20kV)
In centrale GE (à 4/4)	324A
Mode de couplage au réseau	Fugitif (10 à 30" maximum) avec découplage F1 (ANSI[27] en instantané)
Imag lors de la reprise sur GE	Couplage à l'arrêt, magnétisation progressive par rampe de tension.
K <sup>2</sup> S <sup>2</sup> (150mm <sup>2</sup> ALU) - 1s	203*10 <sup>6</sup> soit tmax=5s sous 6kA

### Seuils proposés :

**GROUPE DE REGALGES A** : (jeu de réglage unique)

I> [50/51] : 344A – 0.75s DT (Seuil inhibé si 3 GE ou 4 GE actifs)

I>> [50/51] : 500A – 0.75s DT (Seuil toujours actif)

DT : Temporisation à temps constant (Definite Time)

Le seuil I> correspond à la protection générale centrale pour l'élimination d'un défaut polyphasé minimum sur le réseau 20kV **en configuration minimale 2GE** ( $I_r < 0.8 \cdot I_k \text{ min HTA}$ ).

Ce seuil devra être inhibé lorsque 3 ou 4 GE sont en fonctionnement (seuil actif uniquement en fonctionnement 2GE). En fonctionnement iloté, la sélectivité entre ce seuil et l'amont / l'aval est chronométrique.

Le seuil I>> correspond à la protection générale centrale pour l'élimination d'un défaut polyphasé minimum sur le réseau 20kV **en configuration minimale 3GE ou 4GE** ( $I_r < 0.8 \cdot I_k \text{ min HTA 3GE}$ ).

Le seuil I>> est supérieur à  $1.2 \cdot I_n \text{ centrale GE (à 4/4)}$

En fonctionnement iloté, la sélectivité entre ce seuil et l'amont / l'aval est chronométrique.

Pour rappel la configuration de secours minimale du site pour laquelle le plan de protection est construit est 2GE.

## 9.2.6 Protections des départs 20kV vers GE - DGE1/DGE2/DGE3/DGE4

Matériel	
Identification	DGE <sub>x</sub> (x= 1, 2, 3 et 4)
Localisation	P GE12 et P GE34
Type DJ	DM1 / SCHNEIDER SM6 – 20kV – 400A 12.5kA/1s
Relais	EASERGY P3
TC phase	100/1 5P10 15VA
TP V	20000/ $\sqrt{3}$ / 100/ $\sqrt{3}$
Equipement aval	TR HTA/BT 3000kVA - GE 2800kVA

Synthèse des paramètres électriques et critères de réglages	
In TR HTA/BT	86A (coté 20kV)
Contribution mini d'un GE	216A (coté 20kV)
Ikmin réseau 20kV (2GE ilotés)	0.43kA
In alternateur GE	81A (coté 20kV)
Courants admissible dans les liaisons GEx	140A
Imag lors de la reprise sur GE	Couplage à l'arrêt, magnétisation progressive par rampe de tension.
K <sup>2</sup> S <sup>2</sup> (50mm <sup>2</sup> ALU) - 1s	22.5*10 <sup>6</sup> soit t <sub>max</sub> =0.4s sous 6kA / t <sub>max</sub> =5s sous 2kA

### Seuils proposés :

I> [50/51] : 100A IEC NI (Normal Inverse) k=0.5

I>> [50/51] : 175A – 0.95s DT

I>↑ [67] : 100A – 0.5s DT (direction de déclenchement: **Vers câble GE**)

I>>↑ [67] : 1000A – 0.1s DT (direction de déclenchement: **Vers câble GE**)

DT : Temporisation à temps constant (Definite Time)

IEC NI : Temporisation à temps inverse  $t = TMS \times 0.14 / [(I/I_s)^{0.02} - 1]$  ( $\beta = 2.97$ ) \_ CEI type A

Le seuil I> permet la protection surcharge de la branche GE. Le seuil est supérieur à 1.15\*In TR GE vu par la HTA pour laisser le GE débiter sa Sn.

Le seuil I>> correspond à la protection ultime par les débits GE pour l'élimination d'un défaut polyphasé sur le JDB centrale. La sélectivité entre ce seuil et les seuils en aval est chronométrique. ( $I_r < 0.8 \cdot I_{k \text{ min HTA débité par 1 GE}}$ ).

Le seuil I>↑ **dir vers câble GE** permet grâce à l'analyse du sens du courant d'éliminer sélectivement l'apport d'un GE sains vers le départ du GE en défaut, seule la source en défaut est coupée. Sélectivité directionnelle avec les branches débitant en parallèle de la branche en défaut.

Le seuil I>>↑ **dir vers câble GE** permet grâce à l'analyse du sens du courant, l'élimination rapide de d'un défaut polyphasé sur la branche HTA d'un GE lors de la phase de couplage réseau. Néanmoins pas de sélectivité possible avec la protection [27] de la protection F1 C15-400.

## 9.2.7 Protections des départs 20kV vers Poste US - DGE12\_US

Matériel	
Identification	DGE12_US
Localisation	P GE12
Type DJ	DM1 / SCHNEIDER SM6 – 20kV – 400A 12.5kA/1s
Relais	EASERGY P3
TC phase	200/1 5P10 15VA
TC I0	TORRE homopolaire sur les câbles HTA
Equipement aval	TR HTA/BT 1600kVA + 2*800kVA

Synthèse des paramètres électriques et critères de réglages	
$\Sigma I_n$ TR HTA/BT	92,4A (coté 20kV)
Courants admissible dans l'antenne	Liaison HTA (50mm <sup>2</sup> ALU) = 135 A (y compris tolérance 5%)
$I_{kmin}$ réseau 20kV (2GE ilotés)	0.43kA
$I_{mag}$ lors de la reprise sur GE	Couplage à l'arrêt, magnétisation progressive par rampe de tension.
$K^2S^2$ (95mm <sup>2</sup> ALU) - 1s	81.45*10 <sup>6</sup> soit $t_{max}=2.2s$ sous 6kA

Départ alimenté uniquement sur centrale secours iloté (et transitoirement en couplage fugitif <30s)

### Seuils proposés :

**I> [50/51] : 134A IEC NI (Normal Inverse) k=0.2**

**I>> [50/51] : 340A – 0.5s DT**

DT : Temporisation à temps constant (Definite Time)

IEC NI : Temporisation à temps inverse  $t = TMS \times 0.14 / [(I/I_s)^{0.02} - 1]$  ( $\beta=2.97$ ) \_ CEI type A

Le seuil I> est supérieur à 1.5\*  $\Sigma I_n$  TR, ce seuil permet sélectivité avec l'amont (protection débit GE) et l'aval (protection primaire des TR US). Protection surcharge liaison 50mm<sup>2</sup> ALU assurée.

Le seuil I>> ( $I_r < 0.8 \cdot I_{kmin}$  HTA 2GE iloté) permet sélectivité chronométrique avec l'amont (protection débit GE) et l'aval (protection primaire des TR US).

## 9.2.8 Protections primaires des TR US ICI / US 12 / US 34 (1600kVA / 800kVA / 800kVA)

Fonctionnement uniquement sur centrale secours / couplage réseau fugitif (entre 10 et 30" maximum).

Matériel	
Identification	D TR US ICI / D TR US 12 / D TR US34
Localisation	Poste ULTIME SECOURS
Type DJ	SCHNEIDER SM6 – 20kV – 400A 12.5kA/1s
Relais	EASERGY P3
TC phase	100/1 5P10 15VA
Equipement aval	Transformateur HTA/BT 1600kVA / 800kVA

Synthèse des paramètres électriques et critères de réglages	
Ikmin réseau 20kV (2GE ilotés)	0.43kA
Ik max BT TR 1600kVA (4GE)	27 kA (coté 0,41kV) soit 0.56kA coté 20kV
Ik max BT TR 800kVA (4GE)	20 kA (coté 0,41kV) soit 0.41kA coté 20kV
Ik min BT TR 1600kVA (2GE)	15.3 kA (coté 0,41kV) soit 0.31kA coté 20kV
Ik min BT TR 800kVA (2GE)	12.4 kA (coté 0,41kV) soit 0.25kA coté 20kV
In TR 1600kVA	46.2 A
In TR 800kVA	23 A
K <sup>2</sup> S <sup>2</sup> (50mm <sup>2</sup> ALU) - 1s	22.5*10 <sup>6</sup> soit tmax=0.8s sous 5.2kA

### Seuils proposés pour le départ TR1600kVA P US

**GROUPE DE REGALGES A** : (jeu de réglage unique)

I> [50/51] : 185A – 0.5s DT  
I>> [50/51] : 300A – 0.25s DT  
I>>> [50/51] : 850A – 0.05s DT

### Seuils proposés pour le départ TR800kVA P US

**GROUPE DE REGALGES A** : (jeu de réglage unique)

I> [50/51] : 110A – 0.5s DT  
I>> [50/51] : 300A – 0.25s DT  
I>>> [50/51] : 850A – 0.05s DT

DT : Temporisation à temps constant (Definite Time)

Le seuil I> est inférieur à 0,8\*Ikmin BT vu par le relais HTA et supérieur à 2InTR.

Le seuil I>> permet l'élimination rapide d'un défaut polyphasé au primaire TR en config min 2GE. La sélectivité avec la protection en amont R GE12-US sera chronométrique.

Nota : Coté BT, en cas de défaut >15kA déclenchement HTA en même temps que DGBT (Tsd = 200ms).

Le seuil I>>> permet l'élimination rapide de d'un défaut polyphasé au primaire TR lors de la phase de couplage réseau. Néanmoins pas de sélectivité possible avec la protection [27] de la protection F1 C15-400.

*Seuil protection DGBT pour coordination BT/HTA (donnée à titre indicatif – à analyser en fonction de la note de calcul NFC15-100 et analyse sélectivité BT) – hors périmètre de cette analyse*

TR1600kVA // Seuils donnés pour matériel générique In 2500A  
(In TR = 2253A @410V)  
Ir = 2250A (0.9In) / tr@6Ir = 0.5s  
Isd = 9000A (4\*Ir) / tsd max=0.2s i<sup>2</sup>t=OFF  
Li= selon étude sélectivité TGBT (typique 10\*In)

TR800kVA // Seuils donnés pour matériel générique In 1250A  
(In TR = 1126A @410V)  
Ir = 1125A (0.9In) / tr@6Ir = 1s  
Isd = 6750A (6\*Ir) / tsd max=0.2s i<sup>2</sup>t=OFF  
Li= selon étude sélectivité TGBT (typique 10\*In)

## 9.3 Protection contre les défauts homopolaires

### 9.3.1 Contexte des sources homopolaires du site

#### 9.3.1.1 Courants capacitifs du site

La capacité phase/écran des liaisons HTA se comporte comme un système triphasé équilibré en l'absence de défaut. En cas de défaut homopolaire, la composante capacitive de la phase en défaut s'annule. La somme des courants capacitifs vu par les protections en amont devient non nulle et risque d'être détectée par les protections homopolaires en tête des circuits, y compris pour sur les départs sains. L'évaluation des courants capacitifs (proportionnels aux longueurs installées) est donc nécessaire pour déterminer le réglage des protections homopolaires et éviter le déclenchement par sympathie des départs sains (en proposant des réglages supérieur au capacitif max présumé).

Pour cette évaluation l'ensemble des liaisons HTA sont considérées unipolaire à champs radial , isolation PR.

$$I_{C \text{ câble}} = 3 * C_O (\mu F/km) * L (km) * 2 * \pi * f (Hz) * N_{(câbles \text{ en } //)} * U (V) / \sqrt{3} \quad (C_o \text{ selon annexe E1 NF C 13-200})$$

Longueur totale des câbles 25 mm<sup>2</sup> Aluminium sur réseau 20 kV : 111 m

$$I_{C \text{ câble } 25mm^2 \text{ Alu}} = 3 * (0,13 * 10^{-6}) * 0,111 * 2 * \pi * 50 * 20000 / \sqrt{3} = 0,16 \text{ A}$$

Longueur totale des câbles 50 mm<sup>2</sup> Aluminium sur réseau 20 kV : 2030 m

$$I_{C \text{ câble } 50mm^2 \text{ Alu}} = 3 * (0,17 * 10^{-6}) * 2,03 * 2 * \pi * 50 * 20000 / \sqrt{3} = 3,75 \text{ A}$$

Longueur totale des câbles 95 mm<sup>2</sup> Aluminium sur réseau 20 kV : 2335 m

$$I_{C \text{ câble } 95mm^2 \text{ Alu}} = 3 * (0,21 * 10^{-6}) * 2,335 * 2 * \pi * 50 * 20000 / \sqrt{3} = 5,33 \text{ A}$$

Longueur totale des câbles 150 mm<sup>2</sup> Aluminium sur réseau 20 kV : 1985 m

$$I_{C \text{ câble } 150mm^2 \text{ Alu}} = 3 * (0,24 * 10^{-6}) * 1,985 * 2 * \pi * 50 * 20000 / \sqrt{3} = 5,18 \text{ A}$$

Courant capacitif boucle A:  $I_c \approx 4.1 \text{ A}$

Courant capacitif boucle B:  $I_c \approx 1.5 \text{ A}$

Courant capacitif antennes US:  $I_c \approx 3.7 \text{ A}$

Courant capacitif liaisons INTER PDL et INTER PR:  $I_c \approx 5.2 \text{ A}$

**Courant capacitif total du site :  $I_c = 14.44 \text{ A}$**

### 9.3.1.2 Fonctionnement « NORMAL » sur ENEDIS

Pour PL1 et PL2 :

Schéma de liaison à la terre fixé au poste source amont : IMPEDANT  
Courant de limitation – 300A ; Pas de neutre compensé en amont.

### 9.3.1.3 Fonctionnement « ILOTE » sur générateur homopolaire

La centrale GE est munie de deux générateurs homopolaires (GH), un par ½ JDB de la centrale GE (courant de limitation 50A). Un seul GH sera en service.

Lorsque le site est alimenté par le réseau extérieur ENEDIS ainsi que dans les phases transitoires de couplage ENEDIS + GE, le GH doit être ouvert. Le courant de limitation est alors de 300A via SLT ENEDIS (donnée d'entrée).

En fonctionnement GE ilotés, le GH sera activé.

Nota : En cas d'indisponibilité des deux générateurs homopolaires, la centrale de secours pourrait fonctionner en SLT IT avec coupure au premier défaut via détection de tension homopolaire (temporisée). Une fonction [59N] sera alors à activer et à renvoyer vers l'automate centrale afin de déclarer « défaut homopolaire – ARRET CENTRALE »

Le courant capacitif du réseau est évalué à 14,44 A (voir §9.3.1.1).

La norme NFC 13-200 (§ 412.5.2) préconise que le seuil de réglage des dispositifs de protection ne soit pas supérieur à la moitié du courant maximal de défaut à la terre de l'installation. La limitation (GH) étant de 50A le courant de réglage maximum envisageable est de 25A.

D'autre part la norme préconise que le dispositif de protection soit insensible aux courants capacitifs du circuit qu'il protège. Dans la pratique il est nécessaire que le seuil de courant de réglage soit au minimum égal à 1,3 fois la valeur du courant capacitif résiduel maximal du circuit à protéger.

Soit dans le cas présent la plage de réglage pour les protections générales homopolaires afin de satisfaire à l'ensemble des critères est :

I réglage max sur configuration GH =  $0.5 \cdot IL = 25A$

I réglage min pour insensibilité de la protection générale au déséquilibre homopolaire global =  $14.44 \cdot 1,3 = 18.8A$

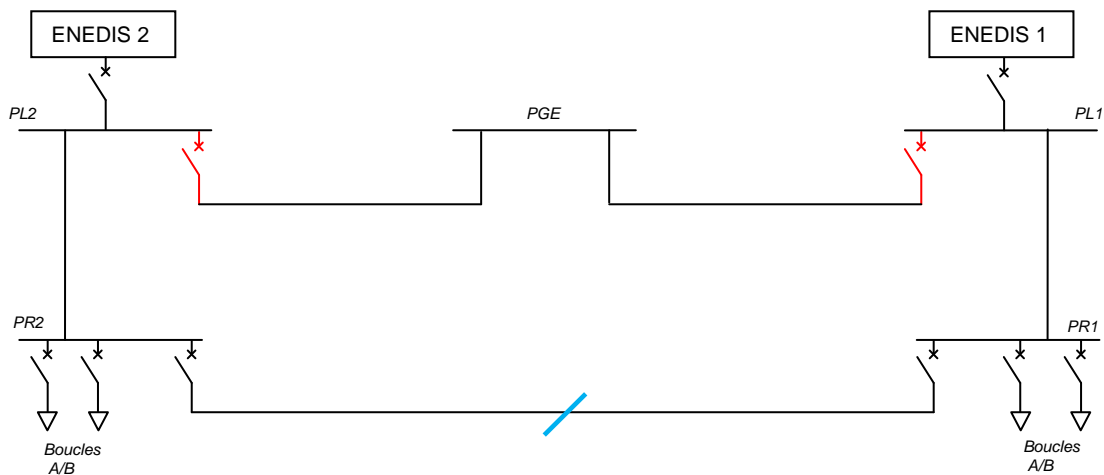
$$18.8A < Ir0 < 25A$$

Satisfaisant.

### 9.3.2 Protections encadrant la liaison inter PDL (PL1-GE et PL2-GE) et inter PR (PR1-PR2 et PR2-PR1)

Matériel	
Identification	D PL1 – GE12 / D PL2 – GE34 D PR1-PR2 / D PR2-PR1
Localisation	PL1 / PL2 / PR1 / PR2
Type DJ	DM1 / SCHNEIDER SM6 – 20kV – 400A 12.5kA/1s
Relais	EASERGY P3
TP V (TP câble rame PR)	20000/√3 / 100/√3
TC I0	TORRE homopolaire sur les câbles HTA
Equipement aval	Ensemble du site

Synthèse des paramètres électriques et critères de réglages	
SLT amont ENEDIS 1	Impédant 300A – Pas de neutre compensé
SLT amont ENEDIS 2	Impédant 300A – Pas de neutre compensé
SLT amont GE iloté	50A – GH
Tenue des écrans des câbles HTA	1kA / 1s
Capacitif aval de la protection	Ensemble du site $I_c = 14.44A$



#### Hypothèse / contexte de fonctionnement.

En fonctionnement normal, un seul DJ C13-100 ENEDIS est fermé et la liaison inter PDL (encadrée par D PL1-GE et D PL2-GE) est fermée afin d'alimenter le PL opposé.

Les deux boucles HTA (A/B) sont ouvertes, préférentiellement point d'ouverture milieu.

Cette architecture introduit donc une dissymétrie dans l'alimentation des têtes de boucles issue du PR opposé par rapport à celles issues du PR immédiatement en aval du C13-100 actif. Les deux protections encadrant la liaison inter PL se retrouvent en passage pour l'alimentation du PR opposé. En fonctionnement ENEDIS, nous proposons que la protection à l'aboutissant de la liaison (coté du D C13-100 ouvert) soit inhibée/désactivée.

En fonctionnement GE iloté, la liaison inter PL (encadrée par D PL1-GE et D PL2-GE) est fermée pour alimenter les deux PR depuis DJS1 ou DJS2. Dans cette configuration, nous proposons que les deux protections D PL1-GE et D PL2-GE (se trouvant à l'aboutissant), soient inhibées/désactivées.

Nota : La liaison interconnectant les PR (encadrée par D PR1-PR2 et D PR2-PR1) est toujours ouverte, elle est fermée uniquement en cas de défaillance / indisponibilité / maintenance d'un PDL ou d'une liaison HTA.

#### Seuils proposés pour les départs PLx-PGE (x= 1 ou 2)

**GROUPE DE REGALGES A** : (Actif si le DJ C13-100 du PLx est fermé (x= 1 ou 2), inactif si ouvert, inactif si GE ilotés)

#### I0>> [51N/51G] : 20A – 0.1s DT

Pick-up du seuil doit bloquer le seuil I0>> D C13-100 PLx (directement en amont)

L'action de déclenchement de ce seuil doit être inhibé par I0>> des têtes des boucles A et B

L'action de déclenchement de ce seuil doit être inhibé par I0>> des protections inter PR (D PR1-PR2 et D PR2 –PR1)

L'action de déclenchement de ce seuil doit être inhibé par I0>> de la protection TR Servitude

DT : Temporisation à temps constant (Definite Time)

Le seuil I0>> (JEU A) est inférieur au seuil Dj C13-100 préconisé en amont. Pour être sélectif avec la protection amont le pick-up de ce seuil doit bloquer le seuil I0>> D C13-100 de ce PLx.

La marge chronométrique avec le secours chronométrique de la protection C13-100 en amont est faible (<200ms).

Ce seuil permet l'élimination d'un défaut homopolaire min éloigné sur le réseau 20kV en configuration ENEDIS. Ce seuil est insensible au courant capacitif du site.

Le déclenchement de cette protection doit être bloquée par les têtes des boucles pouvant être en aval, les protections encadrant la liaison inter-PR et la protection TR Servitude afin d'assurer la sélectivité avec ces protections.

### Seuils proposés pour les départs PR1 – PR2 et PR2 – PR1

**GROUPE DE REGALGES A** : (un des DJ C13-100 fermé au PDL1 ou au PDL2)

**I0>>↑ [67N] : 20A – 0.08s DT** (direction de déclenchement: **Vers câble**) (**FORWARD**)

*Pick-up du seuil I0>>↑ doit bloquer I0>> D C13-100 PLx (directement en amont) ainsi que I0>> D PL1-GE et D PL2-GE*

**GROUPE DE REGALGES B** : (Centrale GE ilotée, les deux DJ C13-100 sont OUVERT)

**I0>>↑ [67N] : 20A – 0.5s DT** (direction de déclenchement: **Vers câble**) (**FORWARD**)

DT : Temporisation à temps constant (Definite Time)

Le seuil I0>>↑ (JEU A) est inférieur au seuil DJ C13-100 préconisé en amont. Pour être sélectif avec protection amont le pick-up de ce seuil doit bloquer seuil I0>> D C13-100 du PL directement en amont ainsi que les seuils I0>> D PDL1-GE et D PDL2-GE.

La marge chronométrique avec le secours chronométrique de la protection C13-100 en amont est faible (<200ms).

Ce seuil permet l'élimination d'un défaut homopolaire min éloigné sur le réseau 20kV en configuration ENEDIS. Ce seuil permet l'élimination sélective d'un défaut homopolaire sur la liaison inter-PR lorsque cette dernière est maintenue sous tension depuis le PR directement en aval du D C13-100 actif et est ouverte coté PR opposé.

A noter que si cette liaison inter-PR est utilisée pour secourir le PR opposé; **dans cette situation la liaison inter-PR déclenchera sans sélectivité avec les têtes de boucle du PR opposé.** Le PR sain reste alimenté.

La directionnalité du seuil I0>>↑ rend insensible la protection à l'aboutissant de la liaison inter-PR sur défaut traversant.

Ce seuil est insensible au courant capacitif du site.

Le seuil I0>>↑ (JEU B) (Centrale GE ilotée uniquement) permet l'élimination sélective d'un défaut homopolaire min sur la liaison inter PR. Si cette liaison inter-PR est utilisée pour secourir le PR opposé, la sélectivité avec les protections en aval sera chronométrique.

La directionnalité du seuil I0>>↑ rend insensible la protection à l'aboutissant de la liaison inter-PR sur défaut traversant.

Ce seuil est insensible au courant capacitif du site.



### 9.3.3 Protections départs boucles 20kV PR1 / PR2 vers Boucle A et Boucle B

Matériel	
Identification	D PR1-BA/ D PR1-BB/ D PR2-BA/ D PR2-BB
Localisation	Départs vers boucles (depuis poste PR1 – PR2)
Type DJ	SCHNEIDER SM6 – 20kV – 400A 12.5kA/1s
Relais	EASERGY P3
TC I0	TORRE homopolaire sur les câbles HTA
TP V (TP câble rame PR)	20000/ $\sqrt{3}$ / 100/ $\sqrt{3}$
Equipement aval	Postes des boucles 20kV A et B

Synthèse des paramètres électriques et critères de réglages	
SLT amont ENEDIS 1	Impédant 300A – Pas de neutre compensé
SLT amont ENEDIS 2	Impédant 300A – Pas de neutre compensé
SLT amont GE iloté	GH 50A
Tenue des écrans des câbles HTA	1kA / 1s
Capacitif aval de la protection	Boucle A Ic= 4A Boucle B Ic= 2A

#### Seuils proposés pour les départs des boucles A et B

**GROUPE DE REGALGES A** : (un des DJ C13-100 fermé au PDL1 ou au PDL2)

**I0>> [51N/51G] : 10A – 0.08s DT**

Pick-up de I0>> doit bloquer seuils I0>> D C13-100 du PL directement amont ainsi que I0>> D PL1-GE et D PL2-GE  
Pour les départs de la boucle B, l'action de déclenchement de ce seuil doit être inhibé par I0>> D TR1 ICI 1 et ICI2.

#### Seuils proposés pour les départs des boucles A

**GROUPE DE REGALGES B** : (Centrale GE ilotée, les deux DJ C13-100 sont OUVERT)

**I0>> [51N/51G] : 10A – 0.15s DT**

#### Seuils proposés pour les départs des boucles B

**GROUPE DE REGALGES B** : (Centrale GE ilotée, les deux DJ C13-100 sont OUVERT)

**I0>> [51N/51G] : 10A – 0.3s DT**

DT : Temporisation à temps constant (Definite Time)

Le seuil I0>> (JEU A) permet l'élimination d'un défaut homopolaire min à l'aboutissant de la boucle 20kV en configuration ENEDIS. Pour être sélectif avec les protections amont le pick-up de ce seuil doit bloquer les seuils I0>> D C13-100 du PDL directement en amont ainsi que les seuils I0>> D PDL1-GE et D PDL2-GE

Pour la boucle A, en cas de défaut homopolaire sur la branche HTA d'un TR, pas de sélectivité entre les fusibles HTA et la protection homopolaire de tête de boucle (temps de fusion fusible 43A @300A >250ms)

Pour la boucle B, en cas de défaut homopolaire sur la branche HTA d'un TR, la mise en place d'un blocage logique de ce seuil par le seuil aval du départ Dj TR ICI1/2 est requise pour élimination sélective de la branche TR en défaut.

Le seuil I0>> (JEU B) permet l'élimination sélective d'un défaut homopolaire min à l'aboutissant de la boucle 20kV en configuration GE, sélectivité chronométrique avec l'amont (protection poste GE).

Pour la boucle A, en cas de défaut homopolaire sur la branche HTA d'un TR, pas de sélectivité entre les fusibles HTA et la protection homopolaire de tête de boucle (@50A pas de fusion fusible)

Pour la boucle B, en cas de défaut homopolaire sur la branche HTA d'un TR, sélectivité chronométrique avec la tête de boucle.

**Nous préconisons de maintenir un point d'ouverture milieu pour limiter les conséquences d'un déclenchement en cas de défaut.**

**Le plan de protection n'admet pas le fonctionnement en boucle fermée, la fermeture de la boucle doit être limitée au temps strictement nécessaire aux manœuvres, changement de position du point d'ouverture par exemple.**

### 9.3.4 Protections primaires des TR ICI1 / ICI2 (1600kVA)

Matériel	
Identification	D TR1 ICI1 / D TR1 ICI2
Localisation	P ICI 1 / 2
Type DJ	SCHNEIDER SM6 – 20kV – 400A 12.5kA/1s
Relais	EASERGY P3
TC I0	TORRE homopolaire sur les câbles HTA
Equipement aval	Transformateur HTA/BT 1600kVA

Synthèse des paramètres électriques et critères de réglages	
SLT amont ENEDIS 1	Impédant 300A – Pas de neutre compensé
SLT amont ENEDIS 2	Impédant 300A – Pas de neutre compensé
SLT amont GE iloté	GH 50A
Tenue des écrans des câbles HTA	1kA / 1s
Capacitif aval de la protection	négligeable

#### Seuils proposés pour les départs TR1600kVA P ICI 1/2

**GROUPE DE REGALGES A** : (un des DJ C13-100 fermé au PDL1 ou au PDL2)

**I0>> [51N/51G] : 4A – 0.05s DT**

*Pick-up de I0>> doit bloquer le déclenchement des seuils I0>> des têtes de boucle B au PR1 et PR2.*

**GROUPE DE REGALGES B** : (Centrale GE ilotée, les deux DJ C13-100 sont OUVERT)

**I0>> [51N/51G] : 4A – 0.05s DT**

DT : Temporisation à temps constant (Definite Time)

Le seuil I0>> (JEU A) respecte le critère  $I_r < 0.1 \cdot I_L$  et permet l'élimination rapide d'un défaut homopolaire au primaire TR. Pour être sélectif avec les protections en amont, le pick-up de ce seuil doit bloquer le déclenchement associé au seuil I0>> des protections D PR1-BB et D PR2-BB.

Le seuil I0>> (JEU B) respecte le critère  $I_r < 0.1 \cdot I_L$  et permet l'élimination rapide d'un défaut homopolaire au primaire TR, sélectivité chronométrique avec l'amont.

### 9.3.5 Protection primaire du TR servitude

Matériel	
Identification	D TR servitude
Localisation	P GE34
Type DJ	SCHNEIDER SM6 – 20kV – 400A 12.5kA/1s
Relais	EASERGY P3
TC I0	TORRE homopolaire sur les câbles HTA
Equipement aval	Transformateur HTA/BT 160kVA

Synthèse des paramètres électriques et critères de réglages	
SLT amont ENEDIS 1	Impédant 300A – Pas de neutre compensé
SLT amont ENEDIS 2	Impédant 300A – Pas de neutre compensé
SLT amont GE iloté	GH 50A
Tenue des écrans des câbles HTA	1kA / 1s
Capacitif aval de la protection	négligeable

#### Seuils proposés pour les départs TR1600kVA P ICI 1/2

**GROUPE DE REGALGES A** : (jeu de réglage unique)

**I0>> [51N/51G] : 4A – 0.05s DT**

*Pick-up de I0>> doit bloquer le déclenchement des seuils I0>> de D PDL1-GE et D PDL2-GE*

DT : Temporisation à temps constant (Definite Time)

Le seuil I0>> respecte le critère  $I_r < 0.1 \cdot I_L$  et permet l'élimination rapide d'un défaut homopolaire au primaire TR. Pour être sélectif avec les protections en amont, le pick-up de ce seuil doit bloquer le déclenchement associé au seuil I0>> des protections D PDL1-GE et D PDL2-GE.

### 9.3.6 Protections générales homopolaire (ILOTE) – Générateurs homopolaires

En fonctionnement iloté, 1 seul GHx (x=1 ou 2) est en service.

Lors des phases de couplage, le GH est déconnecté.

Matériel	
Identification	R GHx
Localisation	PGE12 / PGE34
Type	Inter FU 16A / SCHNEIDER SM6 – 20kV
Relais	EASERGY P3
Capteur IO (1)	TORRE homopolaire sur les câbles HTA (inter fu)
Capteur IO' (2)	TORRE homopolaire sur MALT du point N du GH
Equipement aval	JDB Centrale GE / ensemble du site

Synthèse des paramètres électriques et critères de réglages	
SLT amont ENEDIS 1	Sans objet
SLT amont ENEDIS 2	Sans objet
SLT amont GE iloté	GH 50A I limitation : 50A / 5s I admissible permanent : 15A
Tenue des écrans des câbles HTA	1kA / 1s
Capacitif aval de la protection	Ensemble du site Ic= 14.44A

#### Seuils proposés :

**GROUPE DE REGALGES A** : (jeu de réglage unique)

**IO>>** [51N/51G] : 24A – 1s DT (Tore homopolaire sur câble HTA inter Fu)

**IO'>** [51N/51G] : 16A – 60 s DT (Tore homopolaire sur MALT du point N du GH)

**IO'>>** [51N/51G] : 24A – 1.5 s DT (Tore homopolaire sur MALT du point N du GH)

DT : Temporisation à temps constant (Definite Time)

Le seuil IO>> (issu du tore homopolaire sur câble HTA inter Fu) respecte le critère  $I_r < 0.5 \cdot I_L$  et permet d'identifier en ultime un défaut homopolaire sur le JDB centrale GE. Il s'agit de la protection générale homopolaire lorsque le site est iloté. La sélectivité avec les protections en aval est chronométrique. Action requise : arrêt de la source (centrale GE).

Le seuil IO'>> (issu du tore homopolaire sur MALT du point N du GH) permet d'identifier un défaut sur la branche GH elle-même. La sélectivité avec les protections en aval est chronométrique. Action requise : ouverture du GH en défaut + Déclaration vers automatisme / GTC « GH en défaut ».

Le seuil IO'> (issu du tore homopolaire sur MALT du point N du GH) permet d'identifier une anomalie surcharge sur la branche GH elle-même.. Action requise : ouverture du GH en défaut + Déclaration vers automatisme / GTC « GH en défaut surcharge ».

### 9.3.7 Protections GE S1 \_ GE S2

En fonctionnement iloté, 1 seul D GE Sx (x=1 ou 2) est fermé.

Matériel	
Identification	D GE SECOURS 1 / D GE SECOURS 2
Localisation	PGE12 / PGE34
Type DJ	DM2 / SCHNEIDER SM6 – 20kV – 400A 12.5kA/1s
Relais	EASERGY P3
TC phase	200-400/1 5P10 15VA
TC I0	$\Sigma 3TC$ (pas de tore homopolaire)
TP V	20000/ $\sqrt{3}$ / 100/ $\sqrt{3}$
Equipement aval	Centrale GE

Synthèse des paramètres électriques et critères de réglages	
SLT amont ENEDIS 1	Impédant 300A – Pas de neutre compensé
SLT amont ENEDIS 2	Impédant 300A – Pas de neutre compensé
SLT amont GE iloté	GH 50A
Tenue des écrans des câbles HTA	1kA / 1s
Capacitif aval de la protection	Ensemble du site Ic= 14.44A

#### Seuils proposés :

**GROUPE DE REGALGES A** : (jeu de réglage unique)

**pick-up(I0>> & V0 >) 0.75s DT [51N]&[59N] : [(I0=24 A).(V0=1200V)] 0.75s DT**

DT : Temporisation à temps constant (Definite Time)

Le seuil I>>.V0> est associé au disjoncteur général secours. Ce seuil se trouve directement en aval de la protection générale homopolaire (GH) et permet la différenciation entre un défaut interne au JDB centrale d'un défaut coté installation. La sélectivité entre ce seuil et le seuil amont (protection générale homopolaire coté GH) ou le seuil aval (protection départ de boucle) est chronométrique.

Vu que la protection est assurée par  $\Sigma 3TC$ , vu le courant de limitation ( $I_r < 0.5 \cdot I_L$ ), préconisation de confirmer le seuil I0 avec la présence de la tension homopolaire.

**V0>> [59N] : 1.2kV – 5s DT** (soit 10%Vn - à activer si défaillance des deux GH).

Le seuil V0>> (Information pour traitement par automatisme GE) devra agir en back-up, si indisponibilité GH, pour assurer la protection générale homopolaire de la centrale GE lorsque le SLT est isolé (afin de limiter les conséquences d'un premier défaut sur le matériel HTA il est préconisé de déclencher la source dès l'apparition du premier défaut). Le défaut V0 étant commun à toute la rame HTA, quelque soit la localisation du défaut, pas l'élimination sélective possible. La temporisation associée au seuil V0>> est supérieur à la temporisation de la protection Maxi I0 générale du site. Ce seuil doit entraîner l'arrêt des GE en service - traitement de l'action par automatisme GE (le défaut est non localisé).

### 9.3.8 Protections des départs 20kV vers GE - DGE1/DGE2/DGE3/DGE4

Matériel	
Identification	DGEx (x= 1, 2, 3 et 4)
Localisation	P GE12 et P GE34
Type DJ	DM1 / SCHNEIDER SM6 – 20kV – 400A 12.5kA/1s
Relais	EASERGY P3
TC I0	TORRE homopolaire sur les câbles HTA
Equipement aval	TR HTA/BT 3000kVA - GE 2800kVA

Synthèse des paramètres électriques et critères de réglages	
Limitation homopolaire GH 20kV	GH 50A
Tenue des écrans câbles HTA	1kA /1s
Capacitif liaisons HTA aval de DGEx	<0.5A (négligeable)

#### Seuils proposés :

**GROUPE DE REGALGES A** : (jeu de réglage unique)

**I0>> [51N/51G] : 4A – 0.1s DT**

DT : Temporisation à temps constant (Definite Time)

Le seuil I0>> permet l'élimination sélective d'un défaut homopolaire sur la branche d'un GE (câble ou primaire TR élévateur). Du point de vu de la source homopolaire, même lors du fonctionnement iloté GE, cette zone est considérée comme un terminal. Elle est donc éliminée sélectivement, sélectivité chronométrique avec la protection en amont. ( $I_r < 0.1 \cdot I_L$ )

Ce seuil permet également l'élimination rapide d'un défaut homopolaire sur la branche HTA d'un GE lors de la phase de couplage réseau. Néanmoins pas de sélectivité possible avec la protection [59N] de la protection F1 C15-400.

### 9.3.9 Protections des départs 20kV vers Poste US - DGE12\_US

Fonctionnement uniquement sur centrale secours / couplage réseau fugitif (entre 10 et 30" maximum).

Matériel	
Identification	DGE12_US
Localisation	P GE12
Type DJ	DM1 / SCHNEIDER SM6 – 20kV – 400A 12.5kA/1s
Relais	EASERGY P3
TC I0	TORÉ homopolaire sur les câbles HTA
Equipement aval	TR HTA/BT 1600kVA + 2*800kVA

Synthèse des paramètres électriques et critères de réglages	
Limitation homopolaire GH 20kV	GH 50A
Tenue des écrans câbles HTA	1kA /1s
Capacitif liaisons HTA réseau US	3.64A

#### Seuils proposés :

**GROUPE DE REGALGES A** : (jeu de réglage unique)

**I0>> [51N/51G] : 10A – 0.35s DT**

DT : Temporisation à temps constant (Definite Time)

Le seuil I0>> permet l'élimination sélective d'un défaut homopolaire sur le départ ultime secours ( $I_r < 0.5 \cdot I_L$ ). Le seuil proposé est supérieur au courant capacitif aval. La sélectivité avec l'amont (protection générale homopolaire GH) et l'aval (protection terminale TR HTA/BT) est chronométrique.

### 9.3.10 Protections primaires des TR US ICI / US 12 / US 34 (1600kVA / 800kVA / 800kVA)

Matériel	
Identification	D TR US ICI / D TR US 12 / D TR US34
Localisation	Poste ULTIME SECOURS
Type DJ	SCHNEIDER SM6 – 20kV – 400A 12.5kA/1s
Relais	EASERGY P3
TC I0	TORÉ homopolaire sur les câbles HTA
Equipement aval	Transformateur HTA/BT 1600kVA / 800kVA

Synthèse des paramètres électriques et critères de réglages	
Limitation homopolaire GH 20kV	GH 50A
Tenue des écrans câbles HTA	1kA /1s
Capacitif de l'antenne la plus grande	1.5A

#### Seuils proposés pour les départs TR HTA/BT P US

**GROUPE DE REGALGES A** : (jeu de réglage unique)

**I0>> [51N/51G] : 5A – 0.08s DT**

DT : Temporisation à temps constant (Definite Time)

Le seuil I0>> permet l'élimination sélective d'un défaut homopolaire sur le primaire du transformateur ultime secours ( $I_r < 0.1 \cdot I_L$ ). Le seuil proposé est supérieur au courant capacitif aval. La sélectivité avec l'amont (départ PGE12-US) est chronométrique.

## 10. SYNTHESE DU PLAN DE PROTECTION HTA

### 10.1 Rappels et généralités

Le carnet de réglage est présenté en ANNEXE n°1

Les groupes de réglages requis ainsi que les échanges logiques nécessaire au plan de protection sont présenté aux §10.2 et §10.3.

Préconisation de maintien d'un point d'ouverture milieu sur les deux boucles pour fonctionnement optimal du plan de protection.

Préconisation de maintenir la liaison inter-PR alimenté (à vide) du coté du PDL C13-100 actif, point d'ouverture coté opposé au C13-100 actif.

En Jeu B, lors de la reprise du site par groupe électrogène après perte secteur, la magnétisation se fera par un couplage à l'arrêt. En cas de manœuvre des charges lors du fonctionnement sur GE ilote, les manœuvres devront être séquencées (poste par poste) pour limiter les impacts d'enclenchement.

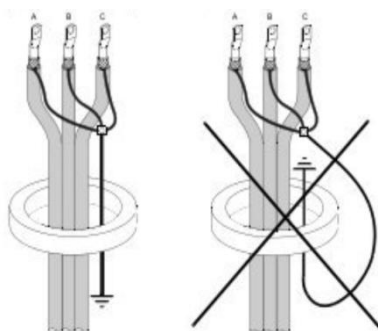
Le fonctionnement des protections, des blocages logiques, des basculements de groupe de réglages, devra être validé par des essais fonctionnels faisant intervenir l'ensemble des étages de protection.

Vu l'emploi de sélectivité logique sur plusieurs étages de protection, pour les protections qui sont en passage, le blocage du déclenchement devra être assuré par l'aval, sans bloquer l'émission du pick-up vers l'amont.

**NOTA IMPORTANT** : Pour le bon fonctionnement du plan de protection il est impératif de vérifier la cohérence entre les ratios réels des capteurs et la programmation des relais. Il doit également être vérifié que les charges secondaires des capteurs sont en adéquation avec leur Sn respective.

Le plan de protection proposé sera opérant si les matériels sont installés selon les règles de l'art, un point d'attention tout particulier doit être porté :

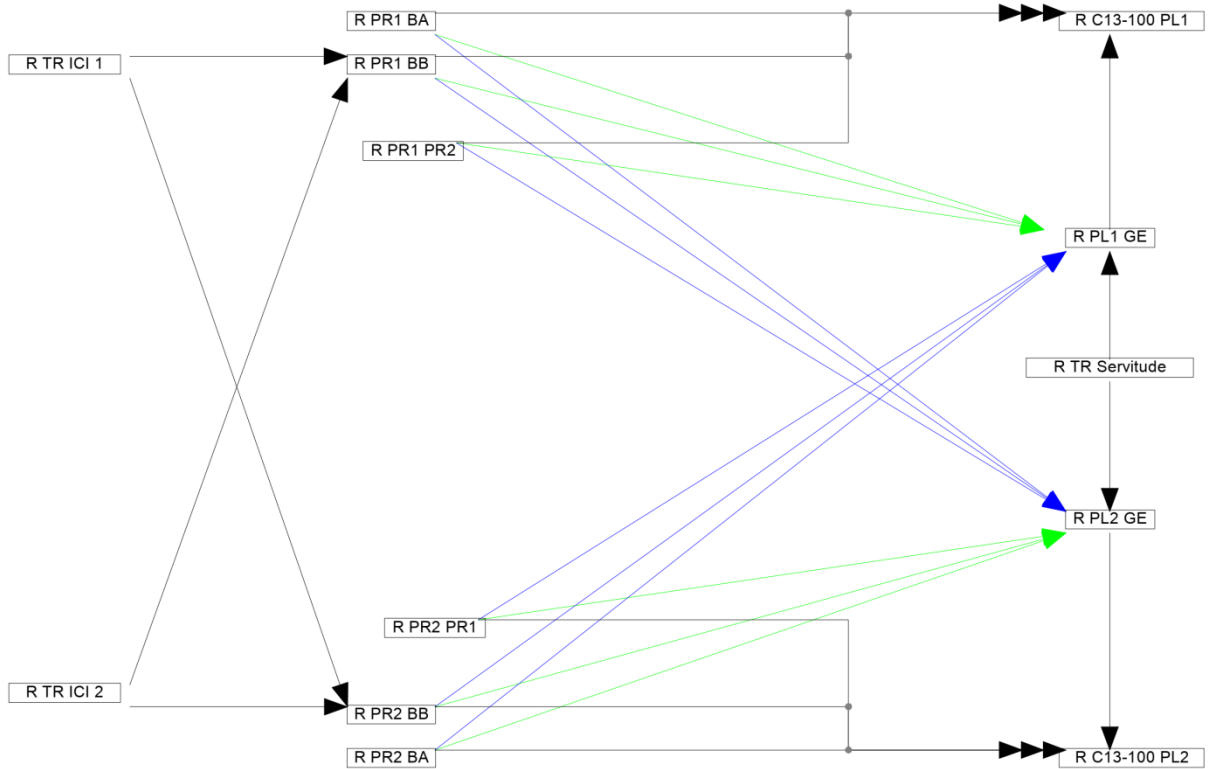
- Au passage de la réunification des écrans dans le tore homopolaire (dans le bon sens) avant d'être connecté à la terre. Les écrans ne devront pas pouvoir se retrouver en contact d'une masse métallique avant le passage dans le tore.



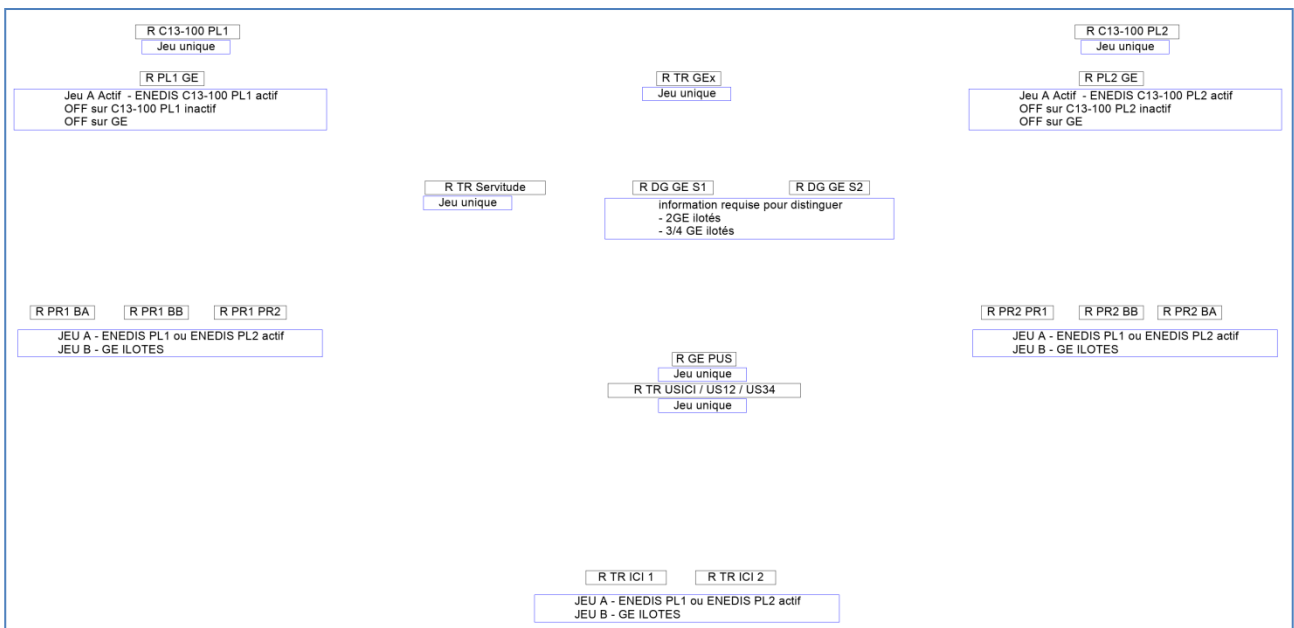
- Au montage P1/P2 des TC et à la concordance entre les informations U et I pour les protections directionnelles, suivre les spécifications du constructeur.



## 10.2 Synthèse des liens logiques



## 10.3 Synthèse jeu de réglages / conditions d'activation



**IMPORTANT :** Il s'agit de principes de fonctionnement, la combinatoire à implanter est à déterminer par le contractant en fonction des informations disponibles sur site, des automatismes en place, des situations de maintenance. Les conditions d'activation / inhibition des protections C15-400, ne sont pas traitées dans ce document.

## 11. INDICATEURS DE PASSAGE DU DEFAUT

Ci après une proposition de réglages des indicateurs de passage de défaut en cohérence avec les seuils de déclenchement proposés dans le carnet de réglage ANNEXE 1.

A noter que le TRIP d'un indicateur de passage de défaut doit être accroché en local ou sur la GTC afin que l'information de passage puisse être exploitée. L'acquittement de ces relais d'indication de passage doit être réalisé une fois la localisation prise en compte par les services techniques.

L'indicateur de passage de défaut ne doit pas donner d'ordre d'ouverture (sur défaut) aux cellules de passage, seul le disjoncteur en amont ayant le pouvoir de coupure requis déclenchera.

Montage Type (1TH + 2 TC)

Position de l'indicateur de défaut	Seuil d'indication sur court-circuit en configuration ENEDIS seulement (*) (1 seul seuil disponible)	Seuil d'indication sur défaut homopolaire (fonctionnel quelque soit la source GH ou ENEDIS)
Cellules de passage boucle A / B POSTE HTA/BT	<b>1000A - 0,1s</b>	<b>10A - 0,1s</b>
Cellule interconnexion PDL/PGE/PR	<b>1000A - 0,1s</b>	<b>20A - 0,1s</b>

Les indicateurs de passage de défaut ne contiennent qu'un seul groupe de réglage.

Aucune reconfiguration automatique du réseau n'est basée sur ces indicateurs de passage de défaut.

(\*) Il n'est pas envisageable de trop baisser le seuil unique de détection (afin de détecter le passage d'un défaut polyphasés en fctment min GE par exemple) au vu des temporisations imposée par ENEDIS.

## 12. FUSIBLES HTA

Préconisation du constructeur :

**Fusibles Soléfuse** norme UTE pour protection transformateur (calibre en A) <sup>(1) (2) (3)</sup>

Tableau n°7

Tension de service (kV)		Tension assignée (kV)	Puissance transformateur (kVA)														
			25	50	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600
3	7,2	16	16	31,5	63	63	63	80	100	100	125						
3,3	7,2	16	16	31,5	31,5	63	63	80	80	100	125						
4,16	7,2	6,3	16	31,5	31,5	31,5	63	63	80	80	100	125					
5,5	7,2	6,3	16	16	31,5	31,5	31,5	63	63	63	80	100	125				
6	7,2	6,3	16	16	31,5	31,5	31,5	63	63	63	80	100	100	125			
6,6	7,2	6,3	16	16	16	31,5	31,5	31,5	63	63	80	80	100	100	125		
10	12	6,3	6,3	16	16	16	31,5	31,5	31,5	43	43	63	80	80	100		
11	12	6,3	6,3	16	16	16	16	31,5	31,5	31,5	43	63	63	80	100		
13,8	17,5/24	6,3	6,3	16	16	16	16	16	31,5	31,5	31,5	43	63	63	80		
15	17,5/24	6,3	6,3	16	16	16	16	16	31,5	31,5	31,5	43	43	63	80	80	
20	24	6,3	6,3	6,3	6,3	16	16	16	16	31,5	31,5	43	43	43	63		
22	24	6,3	6,3	6,3	6,3	16	16	16	16	16	31,5	31,5	31,5	43	43	63	
30	36		6,3	6,3	6,3	16	16	16	16	16	31,5	31,5	31,5				

### Soléfuse

La gamme des fusibles Soléfuse est fabriquée suivant la norme UTE C64200.

### Caractéristiques électriques

Tableau n°2

Référence	Tension assignée (kV)	Tension de service (kV)	Courant assigné (A)	Courant min. de coupure I <sub>3</sub> (A)	Courant max. de coupure I <sub>1</sub> (kA)	Résistance à froid * (mΩ)
757328EC			6,3	35		454,3
757328EE			16	80		95,6
757328EH	12/24	10/24	31,5	157,5	30	45,8
757328EJ			43	215		33,6
757328EK			63	315		19,9

- **TR800 kVA** – Protection amont Fu UTE 43A

(Postes concernés : Pcuine/P1/P2/P3/P4)

En fonctionnement ENEDIS min, en cas de défaut polyphasé HTA au primaire du TR (1.9kA@20kV), fusion fusible HTA 43A (&lt;20ms) avant déclenchement de la tête de boucle HTA jeu A. Sélectif avec les protections en amont.

En fonctionnement ENEDIS, en cas de défaut polyphasé BT en amont du DGBT, fusion du fusible HTA 43A en 275ms (316A@20kV). Sélectif avec les protections en amont.

En fonctionnement min 2,3 ou 4 GE, en cas de défaut polyphasé HTA au primaire du TR (433A@20kV), fusion fusible HTA 43A avant déclenchement de la tête de boucle HTA. Sélectif avec les protections en amont.

En fonctionnement min GE, en cas de défaut polyphasé BT en amont du DGBT; Ikmin BT 2GE vu par la HT (271A@20kV) > I<sub>3</sub> fusible (215A). Fusion théorique du fusible 43A en 536ms sans déclenchement de la tête de boucle HTA, néanmoins la marge ampèremétrique avec le seuil amont jeu B (300A) est très faible. **Limite de sélectivité sur la bande [290A-350A] entre le fusible HTA 43A et le seuil I>> jeu B des têtes de boucle A**

Réglage DGBT (à titre indicatif, à confirmer par note de calcul BT – NFC15-100 et note de sélectivité BT)

I<sub>r</sub> = 1126A Tr@6I<sub>r</sub> : 0.5

I<sub>sd</sub> 5 I<sub>r</sub><sup>(\*)</sup> tsd 200ms

Inst 12 I<sub>n</sub> (max)

- **TR1250 kVA** – Protection amont Fu UTE 63A

(Postes concernés : P Biologie)

En fonctionnement ENEDIS min, en cas de défaut polyphasé HTA au primaire du TR (1.9kA@20kV), fusion fusible HTA 63A (<20ms) avant déclenchement de la tête de boucle HTA jeu A. Sélectif avec les protections en amont.

En fonctionnement ENEDIS, en cas de défaut polyphasé BT en amont du DGBT, fusion du fusible HTA 63A en 262ms (455A@20kV). Sélectif avec les protections en amont.

En fonctionnement min 2GE, en cas de défaut polyphasé HTA au primaire du TR (432A@20kV), fusion fusible HTA 63A (>320ms) sélectivité chronométrique **limite** avec protections de tête de boucle HTA jeu B en amont.

En fonctionnement min 3 ou 4 GE, en cas de défaut polyphasé HTA au primaire du TR (648A@20kV), fusion fusible HTA 63A (<100ms) avant déclenchement de la tête de boucle HTA jeu B. Sélectif avec les protections en amont.

En fonctionnement min GE, en cas de défaut polyphasé BT en amont du DGBT; Ikmin BT 2GE vu par la HT (339A) > I3 fusible (315A). **Pas de fusion fusible 63A avant déclenchement de la tête de boucle HTA.** Le défaut éliminé par la tête de boucle HTA en 0.5s avant le temps de fusion théorique du fusible (≈0.9s). **Limite de sélectivité sur la bande [290A-500A] entre le fusible HTA 63A et le seuil I>> jeu B des têtes de boucle A**

*Réglage DGBT préconisé (à titre indicatif, à confirmer par note de calcul BT – NFC15-100 et note de sélectivité BT)*

*Ir = 1760A Tr@6Ir : 0.5*

*I<sub>sd</sub> 5\* Ir<sup>(n)</sup> tsd 200ms*

*Inst 12 In (max)*

## 12.1 Synthèse sélectivité entre fusible HTA et les protections des départs de boucles (En config ENEDIS et en config GE iloté) en cas de défaut court-circuit HTA.

Nom	JDB		Tens. nom. kV	Type	sélectivité Fu avec protection tête de boucle (config ENEDIS Scc min = 92MVA) Défaut polyphasé coté HTA	sélectivité Fu avec protection tête de boucle (config ENEDIS Scc min = 92MVA) Défaut polyphasé BT amont DGBT (**)	sélectivité Fu avec protection tête de boucle (config GE ILOTE) Défaut polyphasé coté HTA	sélectivité Fu avec protection tête de boucle (config GE ILOTE) Défaut polyphasé BT amont DGBT (**)
	Amont	Aval						
Fu GH12	xFu GH1	-	20	UTE 16A	Sans objet	Sans objet	Sélectif avec 2GE / 3GE / 4GE	Sélectif avec 2GE / 3GE / 4GE
Fu GH34	xFu GH2	-	20	UTE 16A	Sans objet	Sans objet	Sélectif avec 2GE / 3GE / 4GE	Sélectif avec 2GE / 3GE / 4GE
Fu TR1 P Biologie	xFu TR1 P Biologie	P Biologie	20	UTE 63A	Sélectif	Sélectif	Sélectif avec 3GE / 4GE Marge chrono faible sur 2GE	Non sélectif (*)
Fu TR1 P Cuisine	xFu TR1 P Cuisine	P Cuisine	20	UTE 43A	Sélectif	Sélectif	Sélectif avec 2GE / 3GE / 4GE	Zone de non sélectivité sur 2 et 3 GE(*) Sélectif sur 4GE
Fu TR1 P1	xFu TR1 P1	P1	20	UTE 43A	Sélectif	Sélectif	Sélectif avec 2GE / 3GE / 4GE	Zone de non sélectivité sur 2 et 3 GE(*) Sélectif sur 4GE
Fu TR2 P1	xFu TR2 P1	P1	20	UTE 43A	Sélectif	Sélectif	Sélectif avec 2GE / 3GE / 4GE	Zone de non sélectivité sur 2 et 3 GE(*) Sélectif sur 4GE
Fu TR3 P1	xFu TR3 P1	P1	20	UTE 43A	Sélectif	Sélectif	Sélectif avec 2GE / 3GE / 4GE	Zone de non sélectivité sur 2 et 3 GE(*) Sélectif sur 4GE
Fu TR1 P2	xFu TR1 P2	P2	20	UTE 43A	Sélectif	Sélectif	Sélectif avec 2GE / 3GE / 4GE	Zone de non sélectivité sur 2 et 3 GE(*) Sélectif sur 4GE
Fu TR2 P2	xFu TR2 P2	P2	20	UTE 43A	Sélectif	Sélectif	Sélectif avec 2GE / 3GE / 4GE	Zone de non sélectivité sur 2 et 3 GE(*) Sélectif sur 4GE
Fu TR3 P2	xFu TR3 P2	P2	20	UTE 43A	Sélectif	Sélectif	Sélectif avec 2GE / 3GE / 4GE	Zone de non sélectivité sur 2 et 3 GE(*) Sélectif sur 4GE
Fu TR1 P3	xFu TR1 P3	P3	20	UTE 43A	Sélectif	Sélectif	Sélectif avec 2GE / 3GE / 4GE	Zone de non sélectivité sur 2 et 3 GE(*) Sélectif sur 4GE
Fu TR1 P4	xFu TR1 P4	P4	20	UTE 43A	Sélectif	Sélectif	Sélectif avec 2GE / 3GE / 4GE	Zone de non sélectivité sur 2 et 3 GE(*) Sélectif sur 4GE
Fu TR2 P4	xFu TR2 P4	P4	20	UTE 43A	Sélectif	Sélectif	Sélectif avec 2GE / 3GE / 4GE	Zone de non sélectivité sur 2 et 3 GE(*) Sélectif sur 4GE

(\*) En cas de défaut secondaire TR HTA/BT en amont du DGBT en config GE iloté, pas de fusion fusible HTA avant le déclenchement en tête de boucle.

(\*\*) le seuil de déclenchement Isd devra être adapté et temporisé au plus à 200ms (tsd) pour coordination avec tête de boucle JEU B.

## 12.2 Sélectivité entre fusible HTA et les protections des départs de boucles en cas de défaut homopolaire HTA.

### Comportement des fusibles en cas de défaut homopolaire sur un terminal HTA lors du fonctionnement NORMAL (ENEDIS) :

Au primaire des TR de la boucle A, pas de protection homopolaire spécifique. La protection des transformateurs HTA / BT est assurée coté primaire par des fusibles HTA (calibre 43A, 63A).

En cas de défaut homopolaire (défaut phase/terre) au primaire d'un des transformateurs (ou sur le câble HTA les alimentant) la limitation du courant homopolaire par le SLT amont imposé par ENEDIS (300A) ne permet pas la fusion fusible avant le déclenchement de la tête de boucle. Déclenchement de la protection disjoncteur en amont.

- **Pas de sélectivité entre les fusibles HTA et le départ de boucle amont en cas de défaut homopolaire en aval de l'inter fusible.**

### Comportement des fusibles en cas de défaut homopolaire sur un terminal HTA lors du fonctionnement SECOURS (GE ILOTE) :

Au primaire des TR de la boucle A, pas de protection homopolaire spécifique. La protection des transformateurs HTA / BT est assurée coté primaire par des fusibles HTA (calibre 43A, 63A).

La limitation homopolaire du site lors de l'alimentation via GE en iloté (GH =50A) est trop faible pour solliciter les fusibles HTA en cas de défaut homopolaire au primaire du transformateur. Déclenchement de la protection disjoncteur en amont.

- **Pas de sélectivité entre les fusibles HTA et le départ de boucle amont en cas de défaut homopolaire en aval de l'inter fusible.**

### 13. ANNEXES

Annexe HTA 1 : Synthèse du carnet des réglages  
Annexe HTA 2 : Synoptique HTA PDL\_PR\_PGE  
Annexe HTA 3 : Synoptique HTA Site CHRU cavale Blanche  
Annexe HTA 4 : Diagramme de sélectivité HTA – Boucle A / configuration ENEDIS – JEU A  
Annexe HTA 5 : Diagramme de sélectivité HTA – Boucle B / configuration ENEDIS – JEU A  
Annexe HTA 6 : Diagramme de sélectivité HTA – Boucle A / configuration min GE iloté – JEU B  
Annexe HTA 7 : Diagramme de sélectivité HTA – Boucle B / configuration min GE iloté – JEU B  
Annexe HTA 8 : Diagramme de sélectivité HTA – Antenne US / configuration min GE iloté  
Annexe HTA 9 : Evaluation imprécision des TC C13-100