

Service Ingénierie Electrique

213, cours Victor Hugo
33323 BEGLES Cedex

www.valorem-energie.com

Avant-Projet Détaillé

Avant-Projet Détaillé pour la modification de l'installation électrique du site d'essai de l'Ifremer situé à Sainte Anne du Portzic (29) - Finistère

Client : Ifremer

Site d'essais d'Ifremer Sainte Anne du Portzic - 29 - Loire Atlantique

IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR
A	03/12/2024	Création	CES / CDEV	RBO



1. SOMMAIRE

1. SOMMAIRE.....	2
2. Définitions	3
3. Objet du document	4
4. Rappel de la solution technique choisie	4
5. Site d'IFREMER	5
5.1. Réseau HTA.....	5
5.1. Réseau BT en aval du Bâtiment 205	6
6. Dimensionnement électrique des équipements.....	7
6.1. Groupes de production/ démonstrateurs	7
6.2. Transformateur d'isolement BT/BT - 200kVA	10
6.3. Dimensionnement du départ Bâtiment 205 – Conteneur de production.....	10
6.4. Tore différentiel de localisation de défaut.....	12
6.5. Système de régulation du banc de charge	13
6.6. Dimensionnement du banc de charge	14
6.7. Dimensionnement du TGBT 400V	14
6.8. Auxiliaires secourus.....	15
6.9. Protection de découplage	16
7. Etudes du cheminement des réseaux.....	17
7.1. Entrées étanches des réseaux dans les locaux	17
7.2. Cheminement des réseaux sur la digue	18
8. Etudes de l'intégration du local	19
8.1. Enveloppe du local	19
8.2. Ventilation.....	20
9. Annexes.....	21

2. Définitions

- « **APD** » désigne l'Avant-Projet Détaillé
- « **BT** » désigne le domaine de la basse tension (< 1000 V CA, < 1500 V CC)
- « **CA** » désigne le courant alternatif (périodique)
- « **CARD-S** » désigne le Contrat d'Accès au Réseau de Distribution en Soutirage
- « **CC** » désigne le courant continu (constante)
- « **CCTP** » désigne le Cahier des Clauses Techniques Particulières
- « **Client** » désigne la société Ifremer, propriétaire du site d'essais
- « **CPI** » Contrôleur Permanent d'Isolément
- « **DTR** » désigne la Documentation Technique de Référence
- « **EnR** » désigne les Energies Renouvelables
- « **HTA** » désigne le domaine de l'Haute Tension A (20 kV CA)
- « **Prestataire** » désigne la société Valorem
- « **TC** » désigne Transformateur de Courant
- « **TGBT** » désigne le Tableau Général Basse Tension

C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	3
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE

3. Objet du document

Le PRESTATAIRE a transmis au CLIENT un Avant-Projet Sommaire détaillant les solutions techniques envisageables pour le raccordement de démonstrateurs offshore de faible puissance sur le site d'essai d'Ifremer, situé à Sainte Anne du Portzic (29) – Finistère.

Le CLIENT a sollicité le PRESTATAIRE pour la réalisation d'un Avant-Projet Détaillé, sur la base du scénario 2 présenté dans l'APS. Le présent document, rapport de l'Avant-Projet Détaillé, synthétise le résultat des études menées.

4. Rappel de la solution technique choisie

Conformément au choix du CLIENT (réunion du 13/03/2024), l'architecture sélectionnée est un raccordement sur le TGBT du Bâtiment 205, correspondant au scénario 2 de l'APS. Cette solution implique la création :

- D'une liaison sous-marine Basse Tension, entre les démonstrateurs et le nouveau local qui sera situé sur la digue, **(à la charge du CLIENT)**,
- D'un nouveau local sur la digue à proximité du Bâtiment 202, de type conteneur maritime, comprenant (liste non exhaustive) :
 - o Un TGBT disposant des protections électriques adéquates,
 - o Un transformateur d'isolement afin d'affranchir les démonstrateurs du régime de mise à la terre IT du site de l'Ifremer,
 - o Un banc de charge pour absorber le surplus d'énergie produite par les démonstrateurs et non consommée sur le réseau du bâtiment 205,
 - o D'une protection de découplage conforme aux exigences d'Enedis, assurant l'ouverture des départs de production en cas de perte du réseau en amont du bâtiment 205,
- D'une liaison terrestre, entre les TGBT du nouveau local et du Bâtiment 205, constituée d'un réseau Basse Tension et d'un réseau de communication posés en caniveaux existants,
- D'un départ protection dans le TGBT du Bâtiment 205, avec un transformateur de courant relié au Contrôleur Permanent d'Isolement du Bâtiment 205,
 - D'un système de régulation de la puissance active injectée, avec différents circuits de mesure, installé dans le Bâtiment 205 et dans le nouveau local.

Le CLIENT ne souhaite pas que l'énergie produite par les démonstrateurs offshore soit réinjectée en amont du Bâtiment 205, sur la boucle locale HTA du site de l'Ifremer. Pour répondre à ce besoin, la mise en place d'un système de régulation de la puissance active consommée sur le réseau BT du Bâtiment 205 sera nécessaire.

Le schéma unifilaire de l'installation à créer est fourni en annexe 1 du présent rapport.

C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	4
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE

C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	5
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE

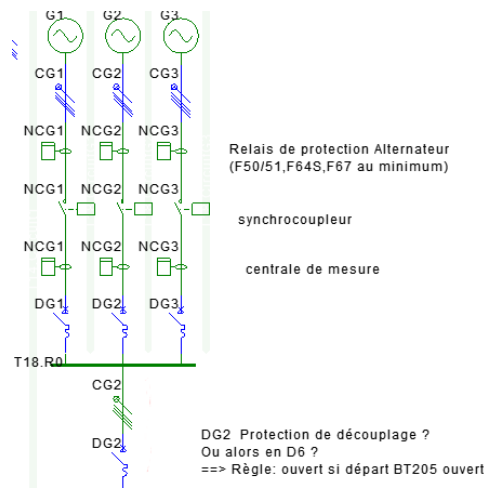
5.1. Réseau BT en aval du Bâtiment 205

6. Dimensionnement électrique des équipements

Les études électriques ont été réalisées grâce au logiciel de calcul électrique Basse Tension *Lise Pro*. Le rapport d'étude est fourni en complément du présent rapport. Ces études comprennent le dimensionnement des équipements électriques majeurs qui seront installés pour le raccordement des démonstrateurs offshore, depuis le TGBT jusqu'aux départs des câbles ombilicaux.

6.1. Groupes de production/ démonstrateurs

On considère la mise en œuvre de 3 démonstrateurs triphasés 400V de 50 kVA chacun. Le schéma de liaison à la terre des groupes est fixé en régime TN.



Chacun des départs production sera équipé d'une centrale de mesure avec Transformateur de Tension (si la mesure n'est pas prise en charge par les relais ou les centrales de mesure) et Transformateur de courant dédié, afin de superviser la production des groupes.

Selon la technologie des démonstrateurs et en fonction des équipements de protection intégrés à ces derniers, il y aura lieu d'adapter le réglage ou les fonctions des protections des départs de production. La suite de cette partie présente des réglages dont il faudra tenir compte dans certaines situations. En tout état de cause, il sera nécessaire de revoir le plan de protection à chaque nouveau raccordement d'un démonstrateur, avec des fonctions de protection adaptées.

Dans le cas de groupe de production du type alternateur synchrone, un synchrocoupleur sera mis en place sur chaque groupe avec action sur le contacteur de mise en marche du groupe lors de la synchronisation des ondes de tension amont et aval au contacteur.

Les départs groupes seront protégés par des relais de protection avec TC dédiés, et équipés des fonctions de protection adaptées au type de générateur. Pour un alternateur synchrone par exemple, les fonctions de protection minimales suivantes seront requises :

- F50/51 : Défaut entre phases/surcharge
- F64S : Protection Masse Stator
- F67 : Directionnel de courant (pour éviter les fonctionnements en moteur)

Le neutre du stator relié directement à la terre entraîne un courant de défaut I_t important mais ne provoque pas de surtension. La remise en état du stator est difficile, voire impossible. Le neutre du stator isolé de la terre entraîne un courant de défaut I_t faible (courant capacitif de la machine, du transformateur de puissance) mais provoque des surtensions importantes sur les phases saines.

La remise en état du stator ne pose aucun problème car il n'y a pas eu de destruction thermique.

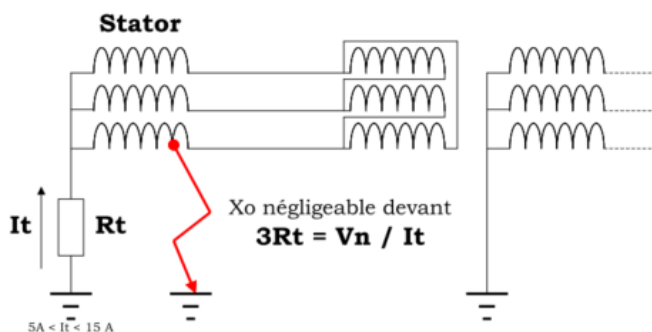
Pour pallier aux inconvénients des choix précédents, le compromis sera de relier le neutre du stator à la terre par une impédance de forte valeur.

En pratique I_t sera limité de 5 à 20 A ceci n'entraîne pas de conséquence irréversible pour la machine (avis unanime des réparateurs de machine).

Pour limiter les surtensions on utilisera en général un système résistant, la valeur de la résistance étant très élevée, le calcul de sa définition se fera avec :

$$R_t = V_n / I_t = U_n / (\sqrt{3} \times I_t).$$

L'impédance directe, inverse et homopolaire de la machine pouvant être négligée devant R_t .



La valeur de la résistance de mise à la terre mise en œuvre sera fixée en fonction du courant de défaut I_t maximum autorisé par le constructeur de la machine.

Les protections seront disposées en adéquation avec la typologie de l'équipement protégé. Par exemple, la protection masse stator devra être mise en œuvre au plus proche de la résistance de mise à la terre du neutre du stator afin que la mesure du TC de protection du neutre groupe ramenée au Relais puisse être la plus précise possible.

Les caractéristiques électriques suivantes sont prises en hypothèses standards pour chaque générateur :

Repère	 G1
Description	Groupe générateur
SLT	TN
Tension entre phases	400 V
Puissance	 50 kVA
Réactance transitoire	30 %
Réactance subtransitoire directe	10 %
Réactance homopolaire	6 %

Resultats	
I Délivré	72,169 A
Courts-circuits	
Ik3 max	0,794 kA
Ik2 max	0,688 kA
Ik1 max	0,916 kA

Ces résultats devront être pris en compte pour le dimensionnement des câbles de raccordement des groupes et de leur protection (hors scope de cet APD), ainsi que pour le dimensionnement du TGBT et des protections situées en aval.

Le pouvoir de coupure des protections départ groupe devra être d'au moins 7,5KA (= 4511A +2x916A) c'est à dire la somme du I_{K1_max} en aval du Transformateur d'isolement 200kVA (prenant source au Transformateur BAT205) et la somme des courants de court-circuit I_{K1_max} des départ groupe seins.

Les caractéristiques minimales du disjoncteur de protection des canalisations des départs groupes sont présentées ci-dessous :

C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	8
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE

Caractéristiques	
Repère	 DG1
Description	DJ protection départ groupe
▴ Choix du matériel	Manuel
Courbe	 [C/Img standard,B/Img l
Calibre mini	 72,3 A
Ith mini	 72,3 A
Protection DDR	 Aucune
Détection d'arcs	Sans
Catégorie d'emploi si inter	 AC-21B
Famille	[Modulaire,Boîtier moulé,Boîtie
Sectionnement	[Simple,Coupure pleinement a
Commande	☐
Signalisation	☐
Interdire la filiation	☐
▴ Désignation	Non choisi(s)
I th	 79 A
▴ I sd	 154 A
Tempo	 0 s
Protection instantanée	 Non
Protection défauts	 Non
PdC	 7,5 kA
PdC 1 pôle	 7,5 kA
▴ Avancé	
Température ambiante	30 °C
k Température	1
Autre k thermique	1
Tolérance magn.	20 %

Les canalisations de départ des groupes seront dimensionnées en fonction de leur mode de pose pour un courant d'emploi d'au moins 73A par groupe (de 50kVA / 400V).

La tenue aux contraintes thermiques et dynamiques des canalisations sera déterminée en prenant en compte le courant de court-circuit maximum auquel seront soumis les canalisations pendant le temps de coupure de la protection choisie. Le courant de court-circuit minimal à considérer sera le Ik2_min minimum entre celui provenant du réseau et celui provenant des groupes à l'endroit du défaut.

Les calibres des TC de protection et de comptage mis en œuvre pourront être les suivants :

TC protection groupe	100/1A – 5P20 – 2.5VA
TC protection neutre groupe	25/5A-10 VA-5P10
TC comptage groupe	100/5A – cI0.5s-2VA

C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	9
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE

6.2. Transformateur d'isolement BT/BT - 200kVA

Un transformateur d'isolement à huile 400V/400V Dyn11 de 200kVA ECO DESIGN Tier 2, avec une tension de court-circuit $U_{cc}\%$ d'au moins 4% sera mis en œuvre pour isoler galvaniquement le bâtiment 205 de l'alimentation électrique du nouveau local. Le schéma de liaison à la terre du conteneur pourra ainsi être adapté et indépendant du schéma IT mis en œuvre au bâtiment 205. Le couplage Triangle au primaire du transformateur permettra (1) d'empêcher la remontée d'éventuel défaut d'isolement vers le bâtiment 205, (2) la filtration des harmoniques de rang 3. Le couplage Etoile avec neutre disponible au secondaire permettra la mise en œuvre d'un schéma de liaison à la terre plus flexible côté nouveau local et démonstrateur. Le schéma de liaison à la terre mis en œuvre côté puissance est fixé en TNC. Le transformateur sera équipé d'un bac de rétention d'huile avec volet d'extinction d'incendie type bacs de rétention anti-feu CRAF pour utilisation en intérieur. Ce bac sera adapté au transformateur mis en œuvre et équipé d'un filtre de vidange d'huile. Le transformateur sera équipé d'un DGPT2 permettant sa mise hors tension automatique en cas de défaut gaz/pression/température. La mise hors tension en amont du transformateur pourra être réalisée par l'ajout d'un interrupteur sectionneur en tête de l'arrivée de l'alimentation provenant du Bâtiment 205.

Un TSA de 20kVA 400V/400V Dyn11 ECO Design TIER 2 sera mis en œuvre afin d'alimenter les auxiliaires du local et des démonstrateurs en schéma TNS. Les auxiliaires seront ainsi protégés d'éventuelles perturbations harmoniques émises par les groupes démonstrateurs. Des dispositions adaptées à la nature du transformateur seront prises, comme par exemple la suppression du voisinage par mise en œuvre d'une cage s'il s'agit d'un transformateur sec, ou la mise en œuvre d'un bac de rétention (CRAF) s'il s'agit d'un transformateur à huile.

6.3. Dimensionnement du départ Bâtiment 205 – Conteneur de production

Le nouveau local, accueillant les équipements auxiliaires des futurs démonstrateurs IFREMER, sera raccordé au réseau 400Vac du bâtiment 205, via la création d'un nouveau départ d'une longueur d'environ 320 mètres. Afin de dimensionner la section de câble de ce départ, nous avons identifié le mode de pose le plus contraignant apparaissant le long du cheminement de la liaison (bâtiment 205/Conteneur) suite à la visite de site. Le point dimensionnant du cheminement se situe au niveau du vide technique du bâtiment 205, du fait de la possibilité que les câbles soient jointifs avec des circuits existants (nous avons identifié 6 circuits supplémentaires), et de la faible dissipation thermique dans le vide technique. On suppose une température maximale de 50°C dans le vide technique pour le calcul du coefficient de correction de l'intensité admissible du câble.

Le tableau suivant présente les coefficients de correction mis en œuvre relatifs au mode de pose le plus contraignant :

Tableau 52N	Coefficients
K52G : Mode de pose 21 , ref B	0,95
K52K : Température 50°C/isolant PR/EPR	0,82
K52N : 7 circuits jointifs	0,5
Ktot	0.389

C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	10
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE

Le facteur de correction résultant est de 0,389. On considère un courant d'utilisation maximum I_b de 289 A (Courant nominal du Transformateur de puissance 200 kVA). Le réglage de la protection surcharge (thermique) I_n du départ devra donc être supérieure à 289A. En considérant la valeur réglage de la protection thermique du départ à 289A, la section minimale du départ est de $3 \times (2 \times (1 \times 185))$ Cuivre + 1G70 (PE Aluminium).

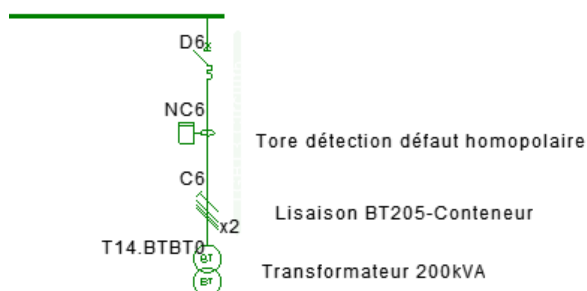
Le calcul est effectué à l'aide du logiciel Lise Pro :

Caractéristiques	
Repère	 C6
Description	Lisaison BT205-Conteneur
Longueur	320 m
Mode de pose	21
Type de câble(s)	 Monoconducteurs en trèfle
▲ Conducteurs	 U 1000 R2V
Âme	Cuivre
Isolant	PR-EPR
▲ Conducteur PE	Incorporé au câble des phases ou regroupé
Âme PE	Aluminium
▲ Facteurs de correction	0,389
Température ambiante	50 °C
Déclassement supplémentaire	1
Symétrie	☒
Risque BE2 (incendie)	☐
Risque BE3 (explosion)	☐
Circuits groupés supplémentaires	6
Espacement câbles > 2 diam	☐
Nombre de couches	1
Nb de conduits horizontaux	1
Nb de conduits verticaux	1
▲ Sections	$3 \times (2 \times (1 \times 185)) + 1G70$ (PE Aluminium)
Nb conducteurs /phase	 2
Section phase	 185 mm ²
Nb conducteurs PE	 1
Section PE	 70 mm ²
L.E.S.	☐
Nb conducteurs commande	0

C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	11
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE

Le dispositif de protection du départ mis en œuvre au TGBT du Bâtiment 205 sera un disjoncteur avec les caractéristiques suivantes, ou similaires (par exemple Disjoncteur Schneider NSX400F). Sa plage de réglage du seuil de protection longue durée [Ir] (réglage protection thermique de 160 à 400 A) sera réglée sur 289A afin d'autoriser une consommation de 200 kVA.

Caractéristiques	
Repère	D6
Description	Protection
Choix du matériel	Manuel
Courbe	[C/Img standard,B/Img bas]
Calibre mini	288 A
Ith mini	288 A
Protection DDR	Aucune
Détection d'arcs	Sans
Catégorie d'emploi si inter	AC-21B
Famille	[Modulaire,Boîtier moulé,Boîtier mo
Sectionnement	[Simple,Coupure pleinement appar
Commande	
Signalisation	
Interdire la filiation	☐
Désignation	NSX400F ML 5.3A 400A 3P
In	400 A
Polarité	3P
I th	289 A
Tempo	0,5 s
I sd	433,5 A
Tempo	0 s
Protection instantanée	Oui
I inst	4400 A
PdC	36 kA
PdC 1 pôle	9 kA
Avancé	
Température ambiante	30 °C
k Température	1
Autre k thermique	1
Tolérance magn.	10 %



6.4. Tore différentiel de localisation de défaut

Un Tore de détection de défaut d'isolement compatible avec le Localisateur de tores DLD 460-12 sera mis en œuvre sur le nouveau départ Conteneur au TGBT du Bâtiment 205, afin de répondre à la demande du Client. Ce Tore devra avoir des dimensions permettant d'enserrer les conducteurs de phase utilisés U1000R2V 3x(2x(1x185)).

Le diamètre extérieur d'un conducteur U1000R2V 1x185mm² est d'environ 26mm, ce qui nous donne une section de 531mm². Pour 6 conducteurs (3x(2x1x185)), on a donc une section de câbles totale de 3186mm². Le Tore de détection devra donc avoir une section supérieure à cette valeur. Le Tore circulaire 80mm DELTA IP80 de SOCOMEC permet de répondre à cette exigence (section 5026mm²).

47506080

Tore circulaire fermé 80mm DELTA IP80



La mise en place de moyens de recherche et de localisation de défauts implique l'utilisation de tores. Ces derniers, enserrant les conducteurs actifs mettant ainsi en évidence un courant de défaut à la terre.

Les tores proposés par Socomec répondent aux exigences en terme de sensibilité de mesure et sont adaptés aux systèmes de localisation ISOM Digiware.

De type fermés (séries ?IP, WR et TFR) ou ouvrants (série ?IP-R), ils sont adaptés à toutes les configurations de câblage.

L'utilisation de l'adaptateur ISOM T-15 est nécessaire au raccordement des tores de localisation sur ISOM Digiware F-60.

Ce Tore est compatible avec le localisateur de tores SOCOMEC mis en œuvre sur site DLD 460-12.

C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	12
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE

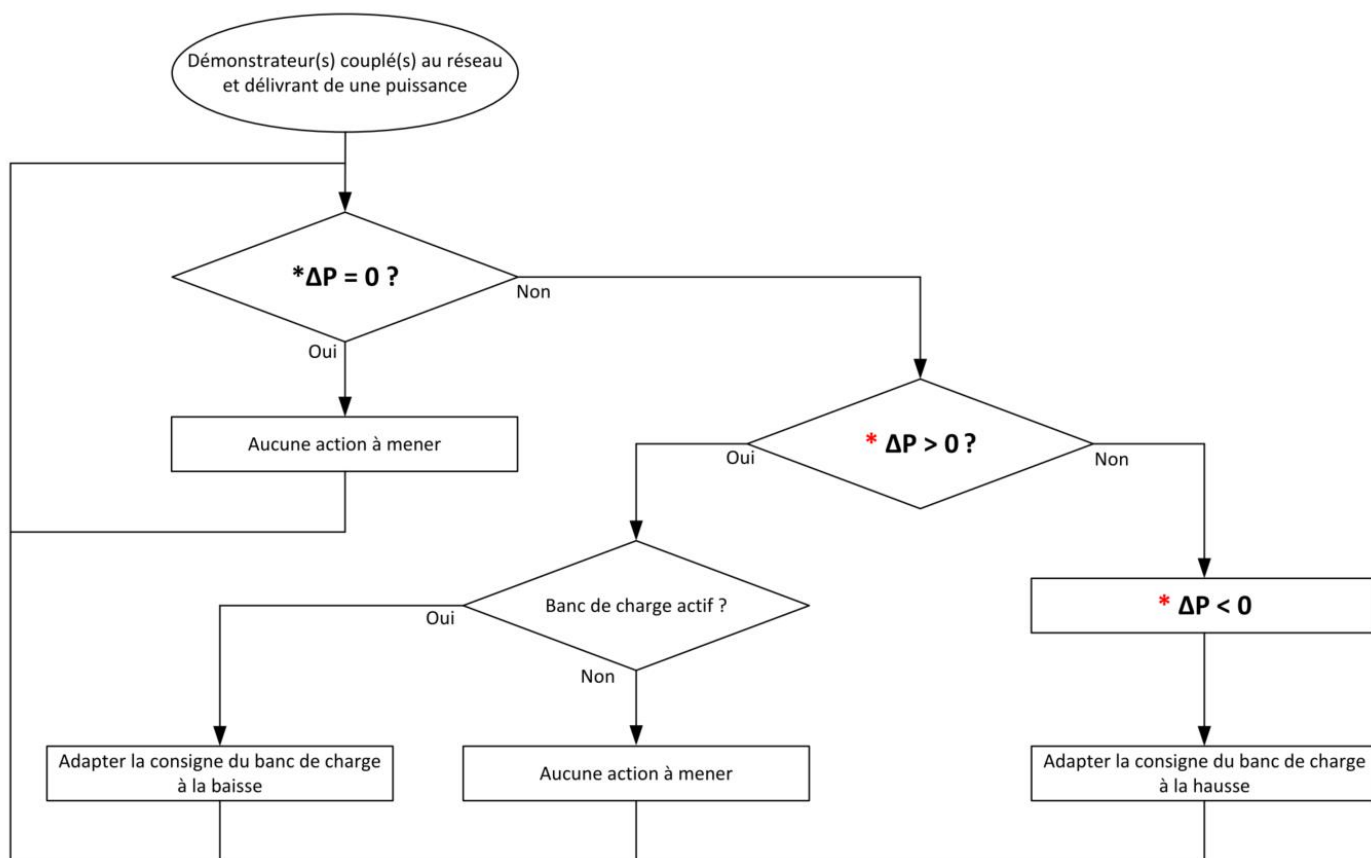
6.5. Système de régulation du banc de charge

Le système de régulation de la puissance active devra être en boucle fermée du fait des potentielles variations de production et de consommation en aval du Bâtiment 205, pour assurer une sollicitation du banc au plus proche du besoin réel en consommation.

Une marge d'erreur devra être appliquée à la boucle de régulation pour permettre au système d'adapter sa consigne en cas de variation rapide de la production ou de la consommation. Cette marge dépendra de la précision des paliers du banc de charge, et du délai de réponse de la chaîne de régulation :

- Acquisition de l'information par le système de régulation,
- Traitement de l'information par le système de régulation,
- Envoi de l'ordre par le système de régulation au banc,
- Réception de l'ordre par le banc,
- Traitement de l'ordre par le banc.

Des centrales de mesure seront mises en œuvre en aval du transformateur 630kVA alimentant le Bâtiment 205, et sur chaque départ de production, afin de mesurer les échanges de puissance et d'assurer la régulation du banc de charge. Le logigramme ci-dessous, détaillant le fonctionnement du système de régulation est fourni en annexe 2.



Logigramme du fonctionnement du système de régulation

C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	13
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE

6.6. Dimensionnement du banc de charge

L'absence de données sur la consommation électrique en aval du transformateur HTA/BT du bâtiment 205 pousse à considérer le cas le plus défavorable, c'est-à-dire une consommation des auxiliaires nulle (0 kW), et une production des démonstrateurs maximale (150 kW). Le banc de charge devra être dimensionné pour permettre d'absorber l'intégralité de la production, à savoir 150 kW, et disposer de paliers pour pouvoir suivre les variations de la production / consommation en aval du transformateur. Une précision de 1 à 5 kW est cohérente compte tenu des puissances envisagées pour les démonstrateurs.

Le banc de charge devra disposer d'une interface de communication pour permettre la régulation de la puissance active consommée selon les besoins.

Le banc de charge LARA S, du fournisseur Metal Deploy Resistor, répond au besoin du client. La documentation technique du banc de charge est fournie en Annexe 3.



Résistances	
Technologie	Grilles en métal déployé Gridex F / Résistances tubulaires
Matériau	Acier inoxydable Aluminium - Chrome
Isolation	Bagues en stéatite
Gamme de puissance	150 à 1 050 kW
Résolution	1, 25 ou 50 kW
Tension / Fréquence	400 V +/- 5% - 50 Hz - 3 phases 440 V +/- 5% - 60 Hz - 3 phases
Couplage	Etoile, neutre non disponible

Extrait documentation technique Metal Deploy Resistor

6.7. Dimensionnement du TGBT 400V

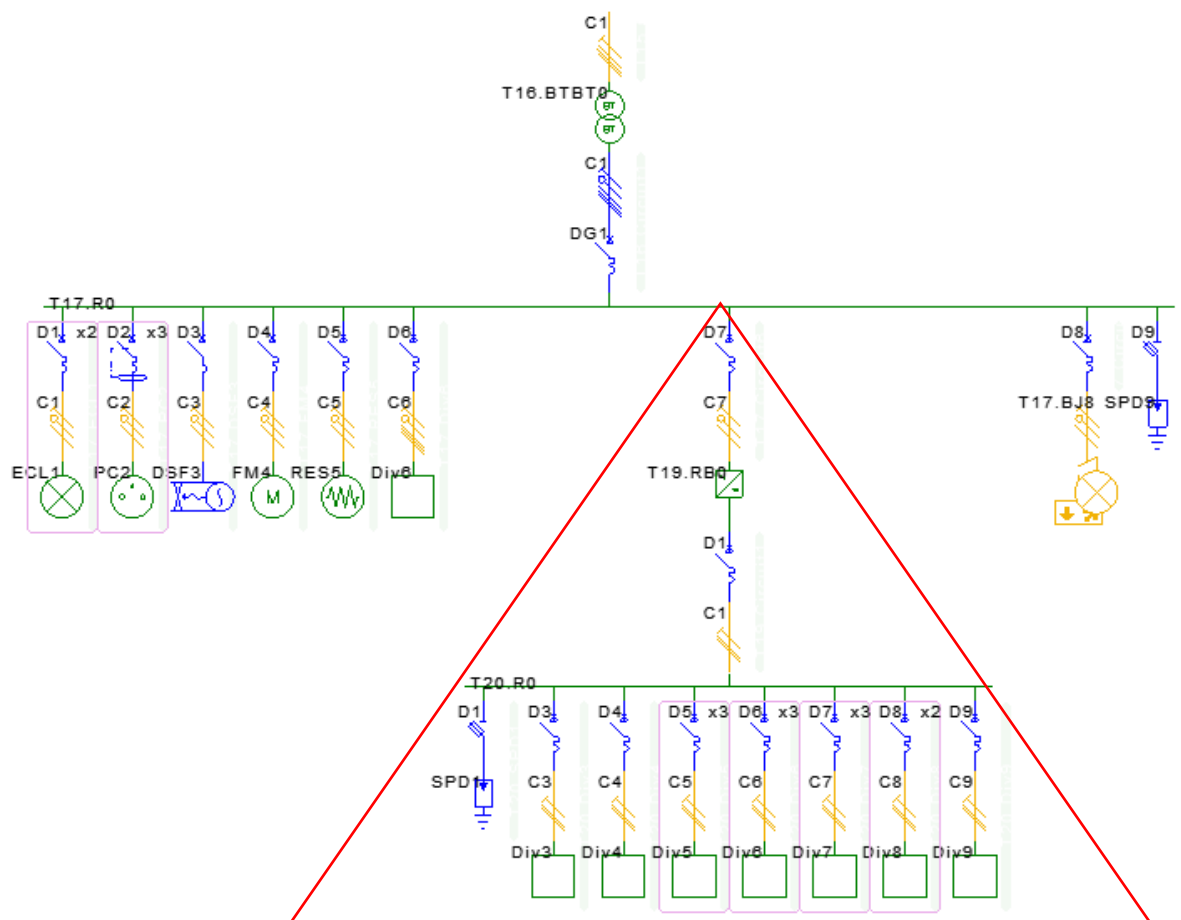
Le TGBT 400V du nouveau local devra être dimensionné à minima pour une puissance d'usage de 200 KVA. Il devra pouvoir supporter des courants de court-circuit minimum de 2686A ($I_{k2_min_aval}$ TFO200kVA) et maximum de 7259A ($I_{k1_max_aval}$ TFO 200KVA + $3 \times I_{k1_max_Groupe}$ = 4511A + 3 x 916A), correspondant à la somme du courant de court-circuit maximum des deux sources (source réseau ramenée au secondaire du transformateur 200kVA et des 3 groupes de production).

Le TGBT 400V sera adapté à un schéma de liaison à la terre de type TN.

C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	14
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE

6.8. Auxiliaires secourus

Un départ pourra être alloué depuis le TGBT auxiliaire du TSA 20kVA afin d'alimenter les auxiliaires nécessitant une alimentation ininterrompue (voir départ D7 ci-dessous).



Le départ alimentera en 230Vac un ensemble redresseur/chargeur-batterie permettant une autonomie des auxiliaires de 2h en cas de coupure de l'alimentation principale. La puissance du redresseur sera d'au moins 2KVA et le niveau de tension sera adaptée à l'utilisation.

Une liste non exhaustive des principaux auxiliaires pouvant nécessiter d'être secourus est présentée ci-dessous (à valider en fonction de l'exploitation désirée par le CLIENT) :

Auxiliaires secourus	Repère	Nombre	Autonomie
Automate de régulation	D3	1	2h
Alimentation E/S API	D4	1	2h
Relais protection Groupe	D5	3	2h
Centrales de Mesure	D6	3	2h

C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	15
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE

Synchrocoupleurs	D7	3	2h
Détecteurs de fumée	D8	2	2h
Switch de communication	D9	1	2h

Les tensions d'alimentation de ces auxiliaires ainsi que leur puissance seront à préciser par les prestataires et fournisseurs des différents lots.

6.9. Protection de découplage

Une protection de découplage de type B.1 sera mise en œuvre afin d'éviter le fonctionnement en ilotage des groupes. Le relais de protection agira sur le disjoncteur général du TGBT 400V de production. Les seuils de déclenchement mis en œuvre seront conformes à la DTR ENEDIS.

Protection de découplage type B.1	Relais	Mesure	Réglage	Action
<i>Détection des défauts polyphasés</i>	Mini de V	3 tensions simples	85 % V_n	Instantanée
<i>Marche en réseau séparé</i>	Mini de V	3 tensions simples	85 % V_n	Instantanée
	Max de V	1 tension simple	115 % V_n	Instantanée
	Mini de f	1 tension simple	47,5 Hz	Instantanée
	Maxi de f	1 tension simple	51,5 Hz	Instantanée

Extrait Enedis-PRO-RES_10E, version 6 - §3.6.1.1. Constitution et réglage de la protection type B.1

Le relais de protection sera installé dans le TGBT Auxiliaire du conteneur et agira sur le disjoncteur de puissance principal des groupes.

Le circuit de mesure du relais de protection de découplage sera raccordé au jeu de barre 400V du TGBT afin d'y vérifier que les variations de tension et de fréquence soient conformes aux seuils définis par le gestionnaire de réseaux de distribution.

C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	16
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE

7. Etudes du cheminement des réseaux

7.1. Entrées étanches des réseaux dans les locaux

Compte tenu de la localisation de l'installation, la mise en œuvre de systèmes d'étanchéité est indispensable pour assurer des conditions à l'intérieur du local favorables à l'exploitation d'équipements électriques.

Au niveau du local démonstrateur, il sera nécessaire de prévoir un nombre de passe-câbles suffisant pour :

- Alimentation BT du local
 - Câbles actifs : U1000R2V 3 x 2 x 1 x 185mm² ; dia. ext. 26mm
 - Conducteur de terre : U1000AR2V 1 x 70 mm² Alu ; dia. ext. 16mm
- Fibre Optique de communication ; dans PEHD ; dia. ext. 40mm
- Fibre Optique du système de régulation ; dans PEHD ; dia. ext. 40mm
- Alimentation BT des démonstrateurs offshore (x 3) ; dia. ext. 24mm
- Fibre Optique de communication des démonstrateurs offshore (x 3) ; dia. ext. A définir
- Réserves (à définir)



HD 32/8

Titre	Configuration	Dimensions externes WxHxD
HD 32/8	8x (9.5-31.5)	130 x 236 x 60

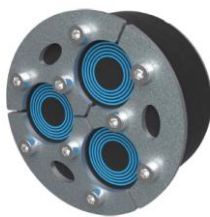
Extrait documentation technique Passages Rextec HD

Le fabricant Rextec propose de nombreuses solutions de systèmes d'étanchéité, pouvant s'adapter à différentes sections de réseau, sans nécessité la fabrication de passe-câbles spécifiques. Le modèle HD 32/8 de chez Rextec permet de répondre au besoin en termes de nombre d'entrée et de modularité, et peut s'adapter à un montage sur conteneur. D'autres fabricants existent comme UGA ou Hauff Technik, mais proposent principalement des passe-câbles circulaires, adaptés en usine au besoin des clients.

Au niveau du bâtiment 205, les entrées étanches n'ont pas été vérifiées. Le Client précise que des entrées sont existantes et pourront être utilisées pour le passage des réseaux. Dans le cas contraire, des carottages seront nécessaires, à la dimension des étanchéités sélectionnées. Il sera nécessaire de prévoir un nombre de passe-câbles suffisant pour :

- Alimentation BT du local
 - Câbles actifs : U1000R2V 3 x 2 x 1 x 185mm² Cu ; dia. ext. 26mm
 - Conducteur de terre : U1000AR2V 1 x 70 mm² Alu ; dia. ext. 16mm
- Fibre Optique de communication ; dans PEHD ; dia. ext. 40mm
- Fibre Optique du système de régulation ; dans PEHD ; dia. ext. 40mm
- Réserves (à définir)

C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	17
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE



H3-135 UG

Titre

H3-135 UG

Configuration

3x (23.0-43.0)

Extrait documentation technique Bague Roxtec H3 UG

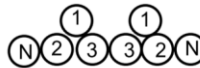
Le modèle H3 UG de chez Roxtec permet de répondre au besoin en termes de nombre et de dimension d'entrée, et peut s'adapter à un montage en carottage dans une paroi béton. D'autres fabricants existent, comme UGA ou Hauff Technik, proposent aussi des équipements pouvant convenir dans cette situation.

7.2. Cheminement des réseaux sur la digue

L'étude de cheminement du réseau est fournie en Annexe 4 du présent rapport.

Compte tenu des caractéristiques du réseau ($3 \times 2 \times 1 \times 185\text{mm}^2 + 1 \times 70 \text{ mm}^2$), la pose de celui-ci devra se faire en respectant les recommandations indiquées au §523.6 Câbles en parallèle de la NF C15-100, et cela afin de ne pas impacter l'intensité admissible du réseau.

a) deux câbles par phase avec ou sans câble de neutre

Trèfle  ou  $f_s = 1$

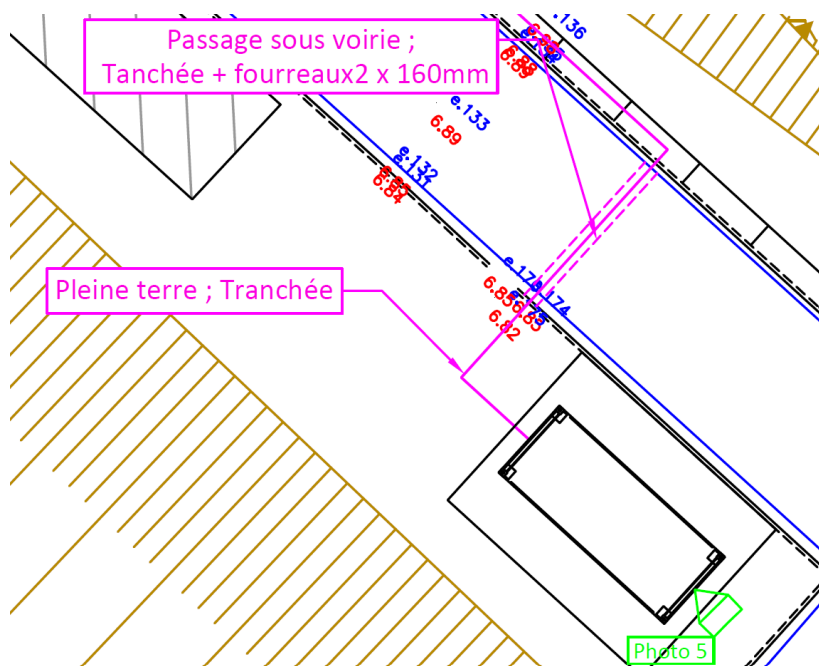
Nappe  ou  $f_s = 1$

Extrait NF C15-100 - §523.6 Câbles en parallèle

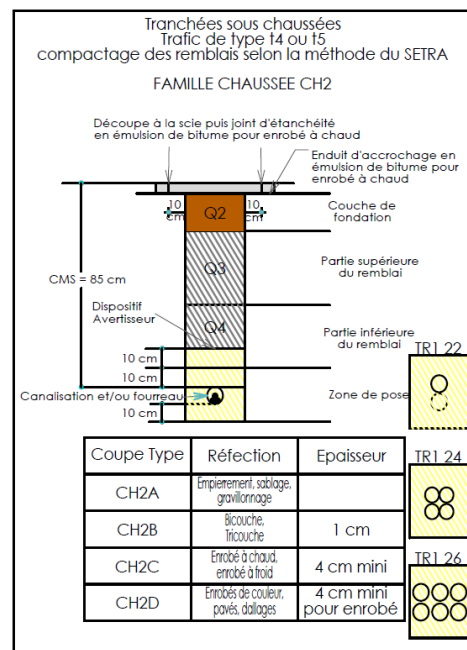
Du fait du cheminement en caniveau, et de l'espace restreint, la pose du réseau en trèfle est recommandée.

La réalisation d'une tranchée sous chaussée, à minima en bout de digue pour le cheminement du réseau jusqu'au local démonstrateur, sera nécessaire (la vérification de la présence de fourreaux de réserve pour le passage du réseau sous la chaussée du côté du Bâtiment 205 n'a pas pu être faite lors de la visite de site). La mise en place de fourreaux, ou caniveaux bétons (avec réserves) est préconisée pour permettre des modifications futures de l'installation tout en limitant les travaux de terrassement.

C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	18
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE



Extrait Plan d'infrastructure, passage du réseau sous chaussée



Plan de coupe tranchée sous chaussée

8. Etudes de l'intégration du local

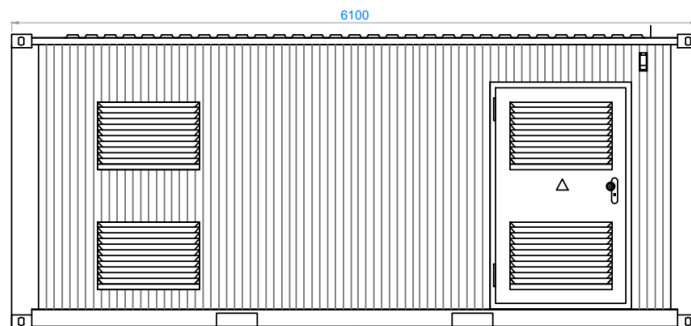
8.1. Enveloppe du local

L'utilisation d'un conteneur maritime 20 pieds est recommandé pour plusieurs raisons :

- Les conteneurs maritimes sont produits en grande quantité, offrant un coût inférieur à une construction sur-mesure,
- Leurs dimensions sont standards, donc connues et précises (certification ISO 668),
- Les conteneurs sont facilement transportables du fait de leur standardisation.

Le conteneur devra être en acier inoxydable ou à défaut en acier standard avec une peinture de type C5 marine, pour assurer la longévité du local dans le temps. Les menuiseries devront respecter les mêmes recommandations.

Les matériaux constitutifs des parois devront présenter une catégorie minimale de réaction au feu A2 (§411.4.1 NF C 13-200).



Plan de coupe du conteneur 20 pieds aménagé

Les plans de coupe complets du conteneur sont fournis en annexe 5 de ce rapport.

C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	19
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE

8.2. Ventilation

Le conteneur devra disposer d'une isolation thermique intérieure. Pour limiter les variations rapides de température à l'intérieur du local, dommageables aux équipements électriques, le conteneur sera divisé en deux locaux :

- Local TGBT,
- Local Banc de Charge.

Ventilation du Local TGBT

La ventilation, le chauffage et la déshumidification de l'air du local TGBT devra être réalisée au moyen d'une climatisation dont la puissance et le volume d'air traité seront à définir par l'intégrateur. Pour la bonne exploitation du matériel et éviter les dispositions particulières relatives aux choix et à l'installation des équipements, la température du local TGBT devra être maintenue entre -5°C et +40°C.

Code	Désignation des classes	Caractéristiques	Application et exemples	Caractéristiques des matériels et mise en œuvre	Références
512.2.1	Température ambiante (AA) (suite)			<i>Pour la mise en œuvre des câbles, se reporter au tableau 52D.</i>	
AA4	Tempérée	- 5 °C + 40 °C	<i>En général, les installations situées à l'intérieur des bâtiments correspondent à la classe AA4 (température ambiante comprise entre - 5 °C et + 40 °C).</i>	Normal	Partie de la plage de température de la classe 3K5 de la NF C 20-003-3, la température supérieure de l'air étant limitée à + 40 °C.
AA5	Chaude	+ 5 °C + 40 °C		Normal	Identique à la plage de température de la classe 3K6 de la NF C 20-003-3.

Extrait Tableau 51.2 – Caractéristiques des influences externes

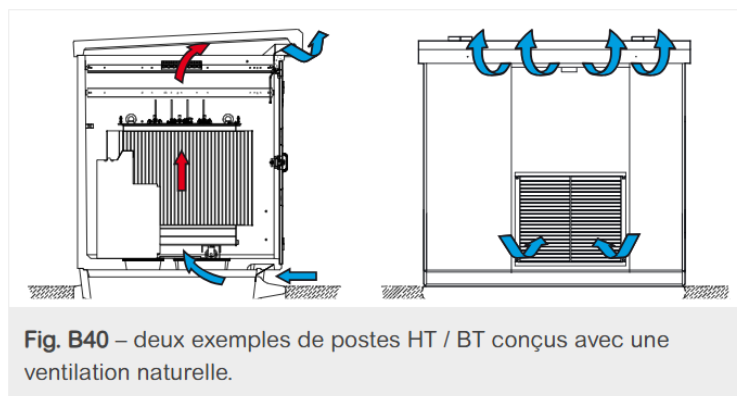
Une attention particulière devra être portée sur les capacités du système de cimentation à assurer la bonne ventilation du local, en présence de deux transformateurs (transformateur BT/BT puissance, et transformateur BT/BT auxiliaires).

Ventilation du Local Banc de charge

Le type de ventilation dépendra de l'équipement installé, et des menuiseries mises en place.

Le banc de charge présenté précédemment dispose d'un système de ventilation intégré, ne nécessitant pas la mise en place d'une ventilation forcée intégrée au conteneur. Seule la mise en place de grilles de ventilation sera nécessaire pour permettre la bonne circulation de l'air.

Dans le cas de bancs de charge différents, ne disposant pas de système de ventilation forcée, celui devra être intégré au conteneur. Il y aura lieu de tenir compte des préconisations sur le placement des grilles de ventilation, présenté dans les guides Schneider Electric, afin d'assurer un flux d'air suffisant (banc de charge considéré comme un transformateur HTA/BT dans le cas présent). Les grilles devront être positionnées en haut et en bas de la paroi à proximité du banc.



Extrait Wiki Installation Electrique, Chapitre B, § Ventilation des postes

C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	20
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE

9. Annexes

Annexe 1 : Schéma unifilaire pour la modification du TGBT du Bâtiment 205	23
Annexe 2 : Logigramme du système de régulation.....	29
Annexe 3 : Documentation technique du banc de charge	31
Annexe 4 : Etude de cheminement du réseau sur la digue	33
Annexe 5 : Plan de coupe du conteneur	39

C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	21
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE

C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	22
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE

Annexe 1 : Schéma unifilaire pour la modification du TGBT du Bâtiment 205

IFREMER - Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer

Schéma unifilaire simplifié pour la modification du TGBT du bâtiment 205



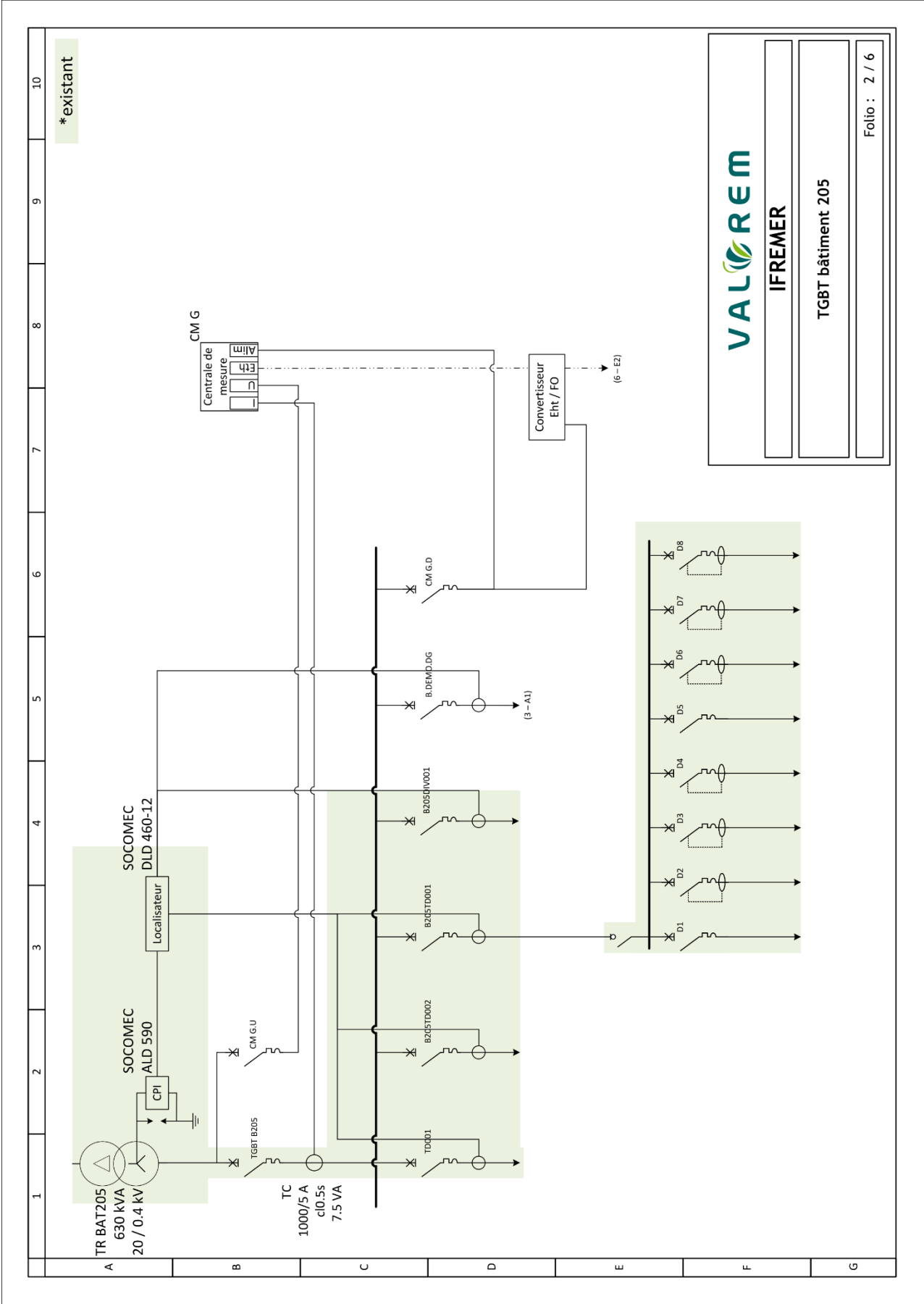
Ifremer

VALOREM

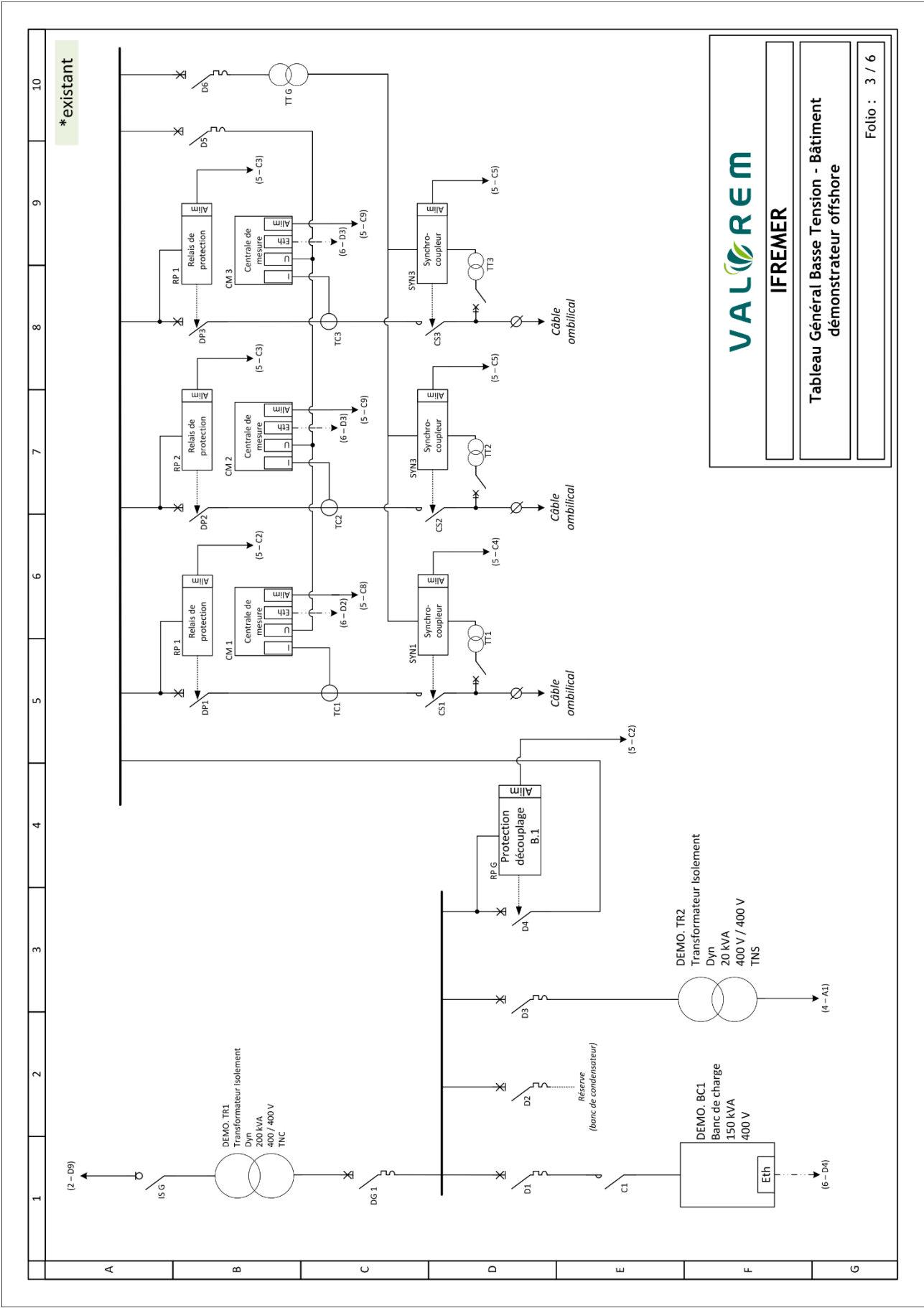
Ind.	Date	Objet de la modification	Auteur	Relecteur
A	21/06/2024	Création	CES	CDEV
B	08/08/2024	Modification position système de régulation	CES	CDEV

Folio : 1 / 6

C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	23
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE



C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	24
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE



VALOREM

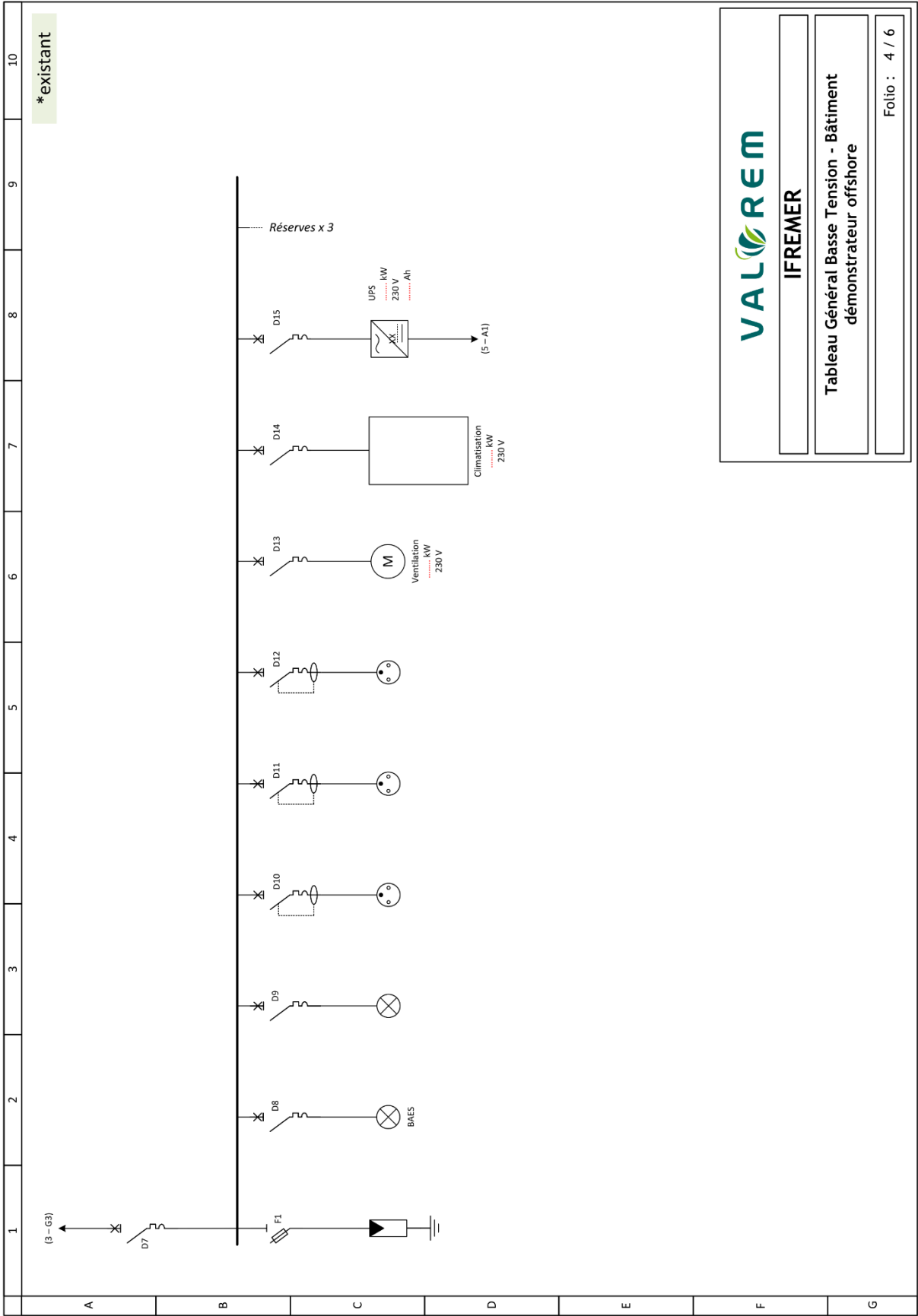
IFREMER

Tableau Général Basse Tension - Bâtiment
démonstrateur offshore

Folio : 3 / 6

C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	25
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE

* existant



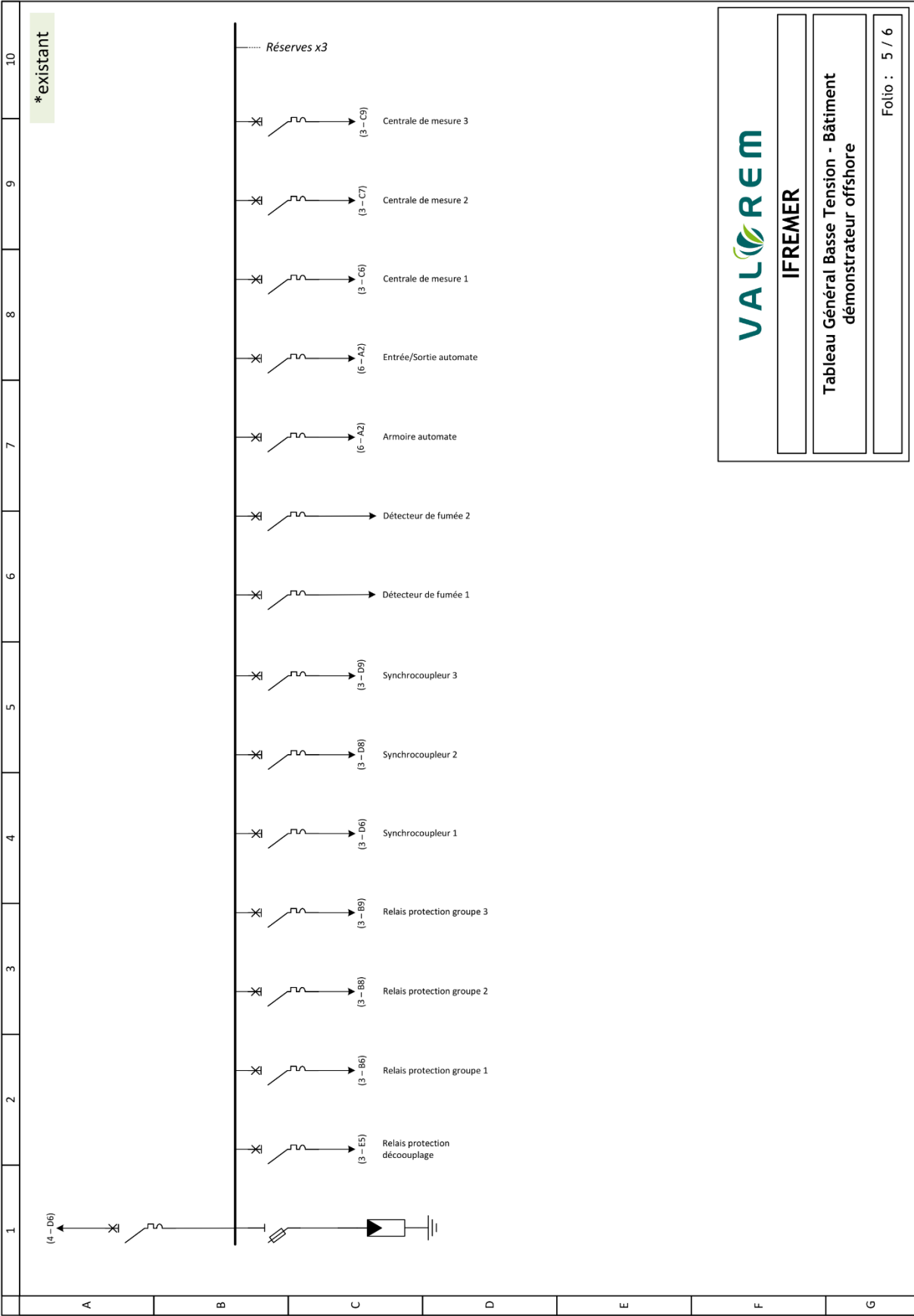
VALOREM

IFREMER

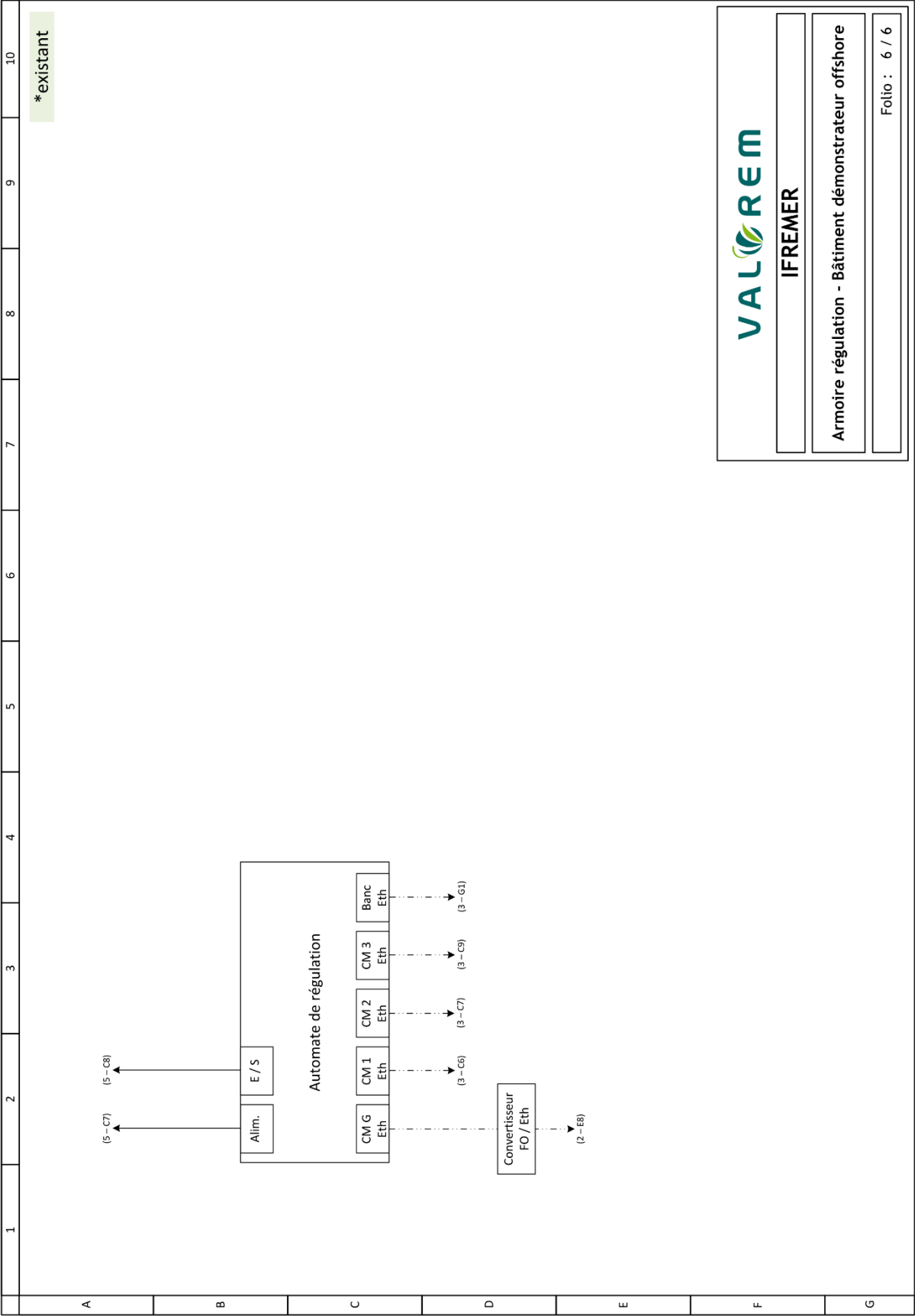
Tableau Général Basse Tension - Bâtiment
démonstrateur offshore

Folio : 4 / 6

C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	26
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE



C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	27
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE



VALOREM

IFREMER

Armoire régulation - Bâtiment démonstrateur offshore

Folio : 6 / 6

C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	28
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE

Annexe 2 : Logigramme du système de régulation

IFREMER - Institut Français de Recherche pour l'Exploitation
de la Mer

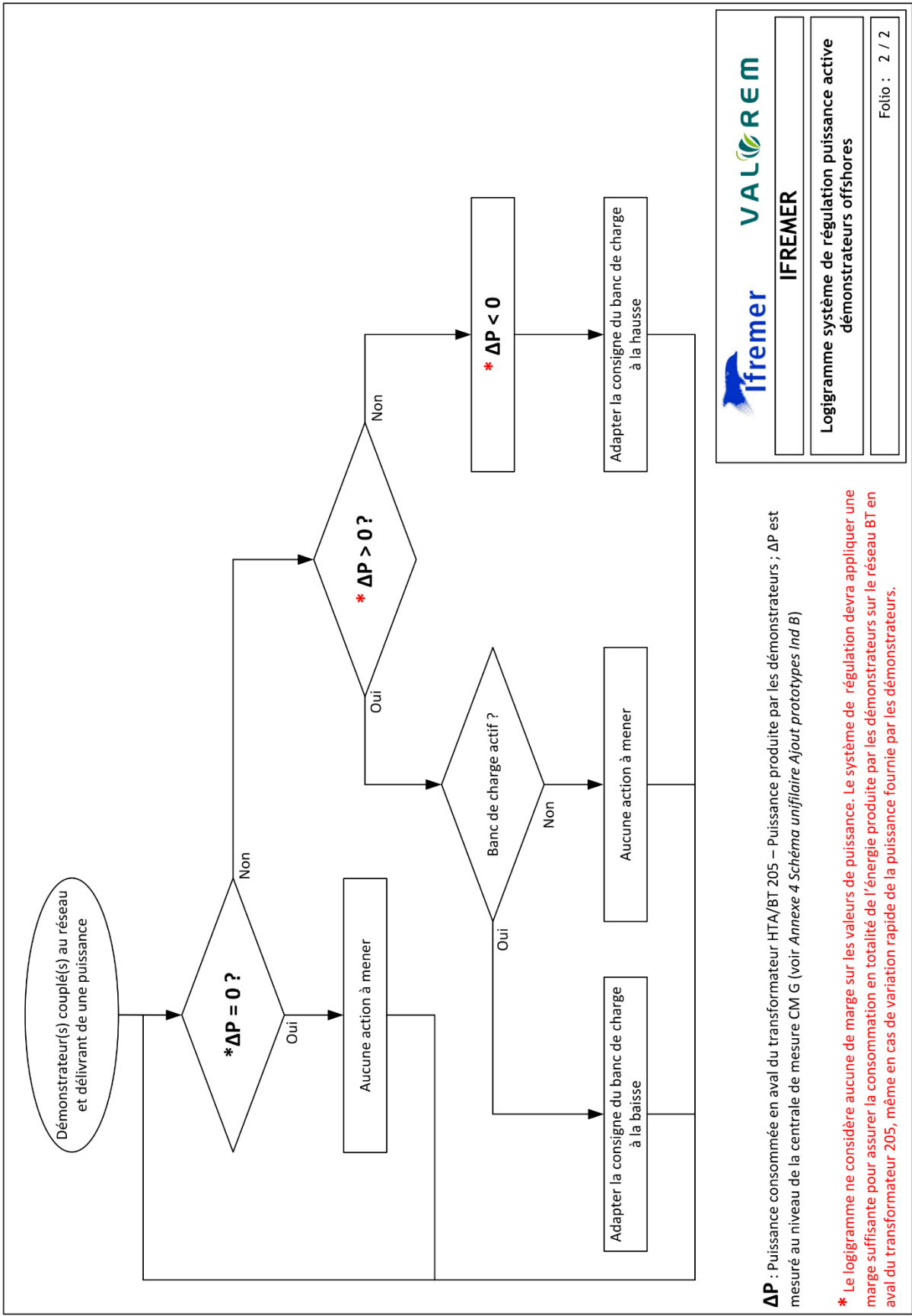
Synoptique système de régulation de la puissance active
des démonstrateurs offshores



Ind.	Date	Objet de la modification	Auteur	Relecteur
A	16/09/2024	Création	CES	CDEV

Folio : 1 / 2

C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	29
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE



C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	30
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE



Fiche Technique

Banc de charge Résistif

LARA S 150 à 1 050 kW

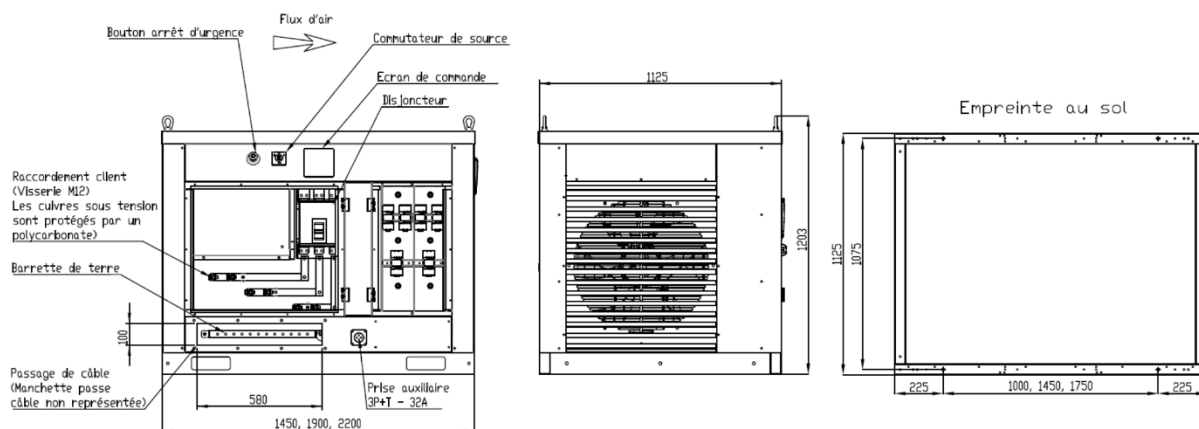


Résistances		
Technologie	Grilles en métal déployé Gridex F / Résistances tubulaires	
Matériau	Acier inoxydable Aluminium - Chrome	
Isolation	Bagues en stéatite	
Gamme de puissance	150 à 1 050 kW	
Résolution	1, 25 ou 50 kW	
Tension / Fréquence	400 V +/- 5% - 50 Hz - 3 phases 440 V +/- 5% - 60 Hz - 3 phases	
Couplage	Etoile, neutre non disponible	
Tolérance de fabrication	+ / - 5 %	
Ecart de puissance froid / chaud	< 2 %	
Commande	Par contacteurs triphasés AC3	
Refroidissement	Ventilation forcée horizontale	
	150 à 750 kW	800 à 1 050 kW
Puissance moteur	2.2 kW	5.5kW
Débit	12 400 m³/h	18 400 m³/h
Bruit à 1.5 m	81 dB (A)	88 dB (A)
Raccordements		
Source de puissance en test	Sur jeu de barres en cuivre, boulons M10 fournis Trappes en façade et sur le fond du banc, protection contre les contacts par : • Brosse passe-câbles • Manchette souple • Presse-étoupes (en option, recommandé pour installation fixe)	
Auxiliaires	Soutirage possible sur JDB de puissance avec inverseur inclus Ou sur socle Hypra 400V – 32 A	
Protections		
Résistances	Disjoncteur compact piloté par relais électronique (réglage I et t) Intensité de Court-Circuit maximum (sous 400V): • De 150 à 400 kW : 36 kA • De 450 à 1050 kW : 50 kA	
Ventilateur	Protection magnétothermique	
Défauts	Détecteur de ventilation Arrêt d'urgence	



C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	31
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE

Général				
Tension d'isolement	690 V			
Tensions de test	Diélectrique : 1 890 V – 50 Hz – 5 sec Isolement : 500 V DC			
Température ambiante minimum	- 15 °C			
Température ambiante maximum	+50 °C			
Humidité relative maximum	95%			
Altitude maximum	800 m au-dessus du niveau de la mer			
Construction	Cadre mécano soudé robuste en acier galvanisé et peint RAL 7011 Points d'ancrage au sol, anneaux de levage, passages de fourche Utilisation intérieure / extérieure			
Indice de protection eau et poussière	Compartment électrique IP 54 Gaine de ventilation IP 23			
Résistance aux chocs	IK 8			
Dimensions (mm) et masse (kg)				
	Largeur	Longueur	Hauteur	Masse
150 à 450 kW	1 125	1 450	1 198	450
500 à 750 kW	1 125	1 900	1 198	600
800 à 1 050 kW	1 125	2 350	1 198	750
Options	Roulettes, housse de protection, remorque, pieds de surélévation			
Personnalisation	Puissance spécifique, résolution spécifique, tension spécifique Construction en acier inox AISI304 ou AISI316			
Interface utilisateur				
Système	Basic		Advance	
Ecran	Tactile, 4,3 pouces		Tactile, 7 pouces	
Télécommande	Filaire jusqu'à 100 mètres			
Pilotage manuel	☒		☒	
Lecture de cycles pré-enregistrés	☐		☒	
Enregistrement U, I, P, f, cos phi	☐		☒	
Extraction des données	☐		☒	
Mode ballast	Option		Option	
Modbus	Option		Option	
cf fiche technique Basic & Premium				



METAL DEPLOYE RESISTOR, PLUS DE 80 ANS D'EXPERIENCE

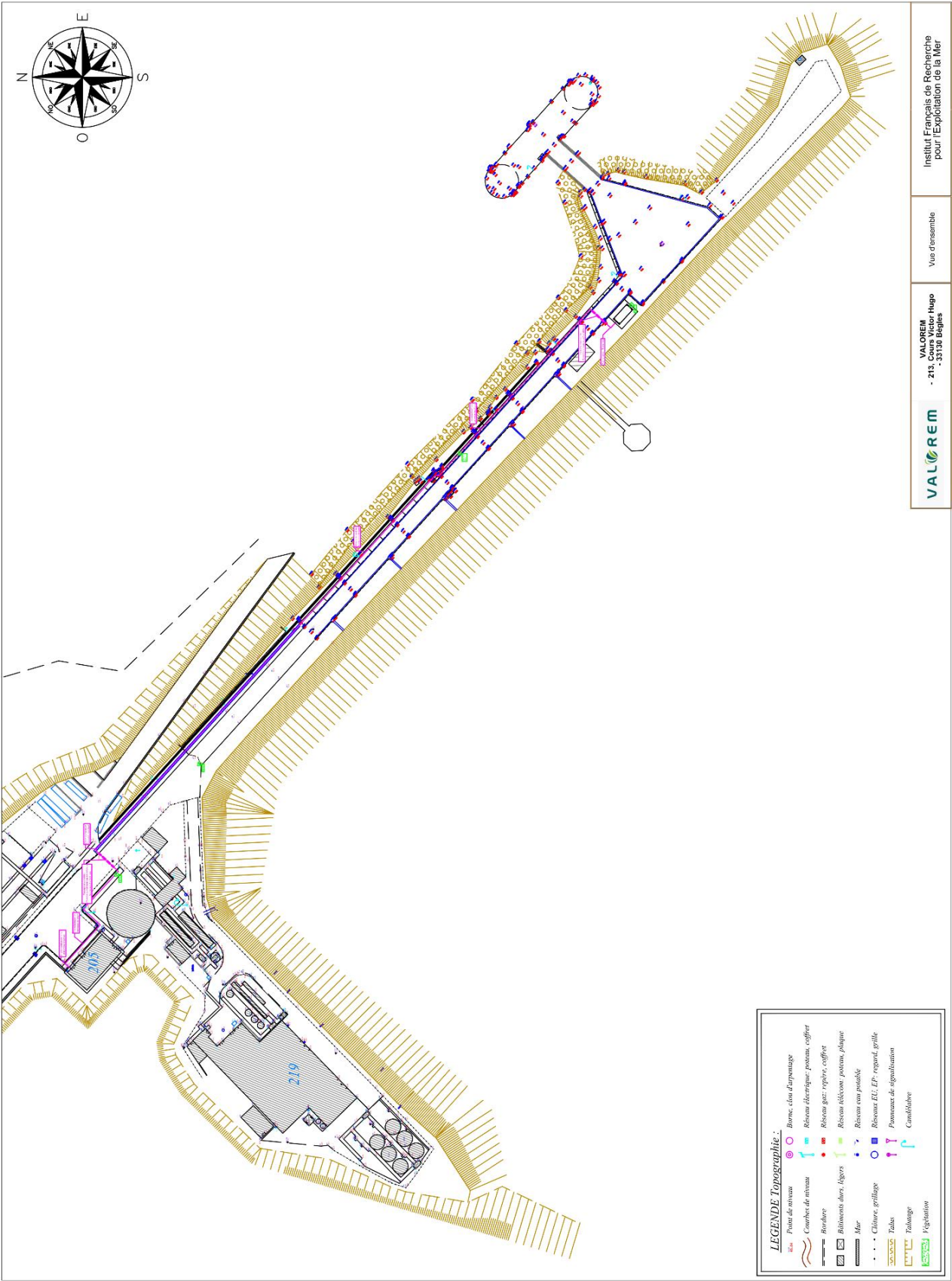
Depuis 1938, nous avons installé des milliers de résistances standard et sur-mesure dans le monde entier. Nos produits sont conçus et fabriqués en France; ils sont reconnus pour leur robustesse et leur flexibilité.



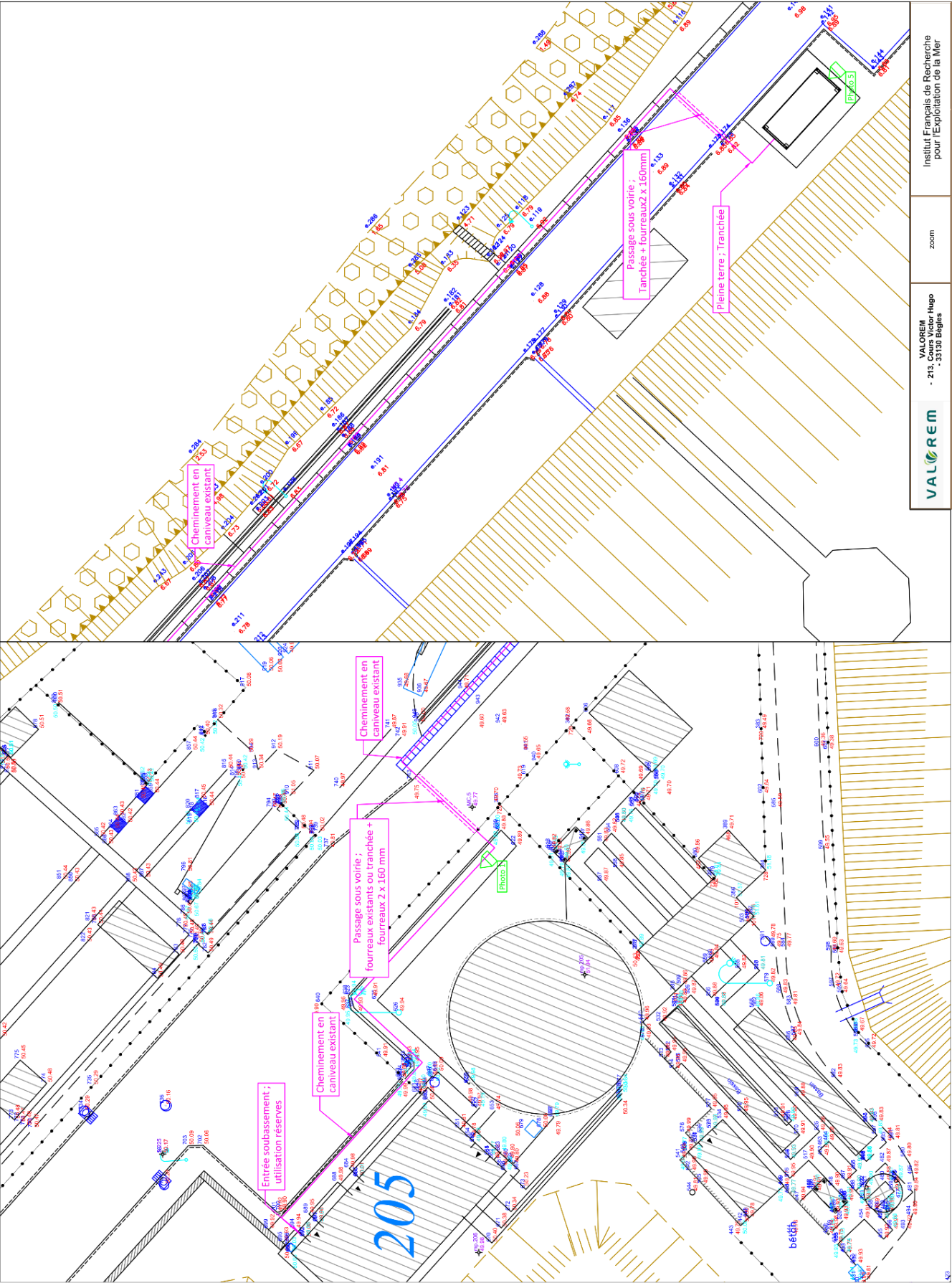
1, Route de Semur - 21500 Montbard - FRANCE
Tél : +33 (0)3 80 89 58 58 - Fax : +33 (0)3 80 92 24 33
bdc@mdresistor.com - www.mdresistor.com

C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	32
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE

Annexe 4 : Etude de cheminement du réseau sur la digue



C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	33
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE



C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	34
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE

IFREMER - Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer

Photos du cheminement du réseau entre le bâtiment 205
et le local démonstrateur



Ind.	Date	Objet de la modification	Auteur	Relecteur
A	03/09/2024	Création	CES	CDEV

Folio : 1 / 4

C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	35
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE

Photo n°1 : Pose du réseau en caniveau, sortie du Bâtiment 205



Photo n°2 : Pose du réseau en caniveau et sous chaussée, côté Bâtiment 205



Photos du cheminement du réseau entre le bâtiment 205 et le local démonstrateur

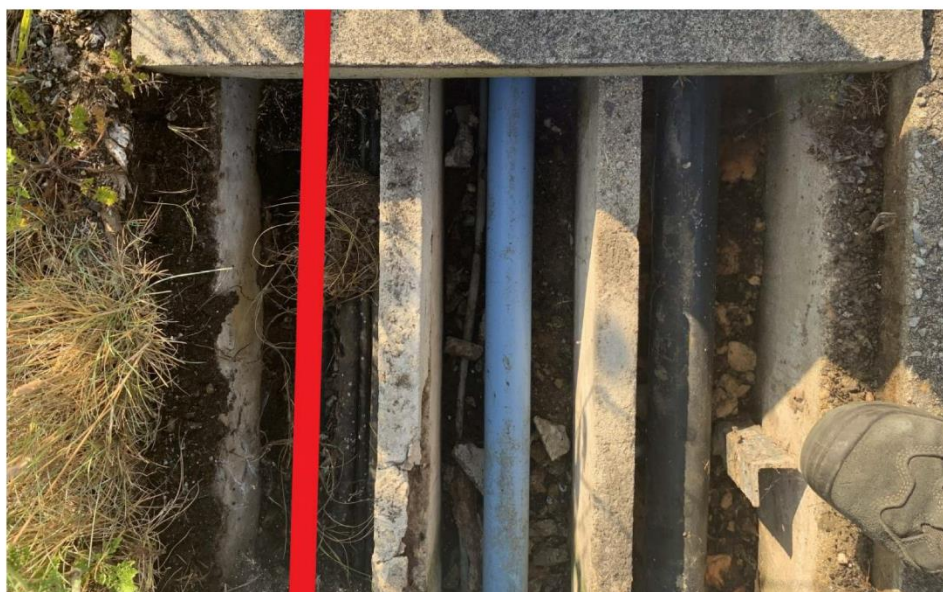
Folio : 2 / 4

C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	36
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE

Photo n°3 : Pose du réseau en caniveau, sur la digue



Photo n°4 : Pose du réseau en caniveau, sur la digue (caniveau ouvert)



Photos du cheminement du réseau entre le bâtiment 205 et le local démonstrateur

Folio : 3 / 4

C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	37
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE

Photo n°3 : Intégration du local démonstrateur et pose du réseau en caniveau et sous chaussée

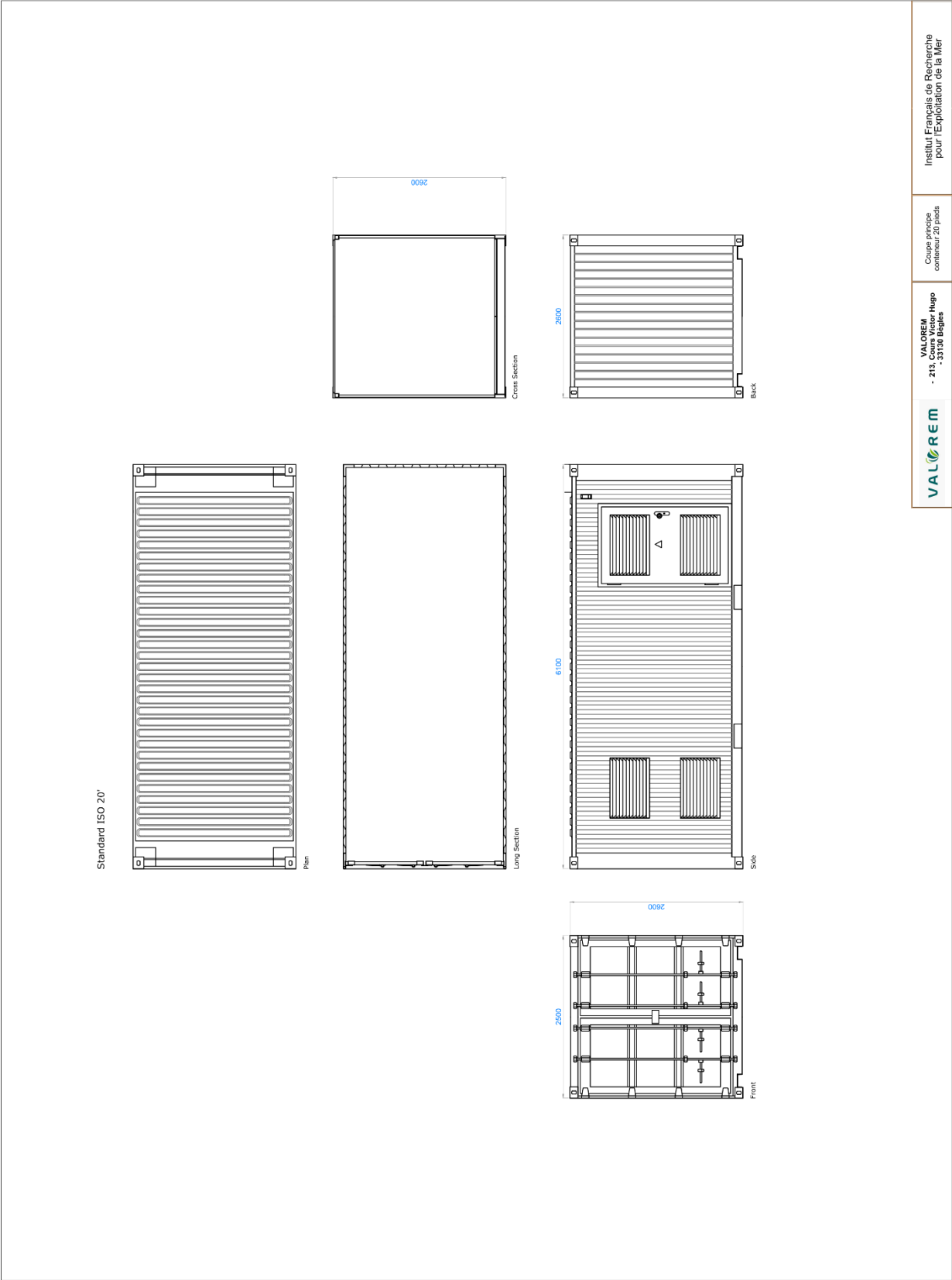


Photos du cheminement du réseau entre le bâtiment 205 et le local démonstrateur

Folio : 4 / 4

C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	38
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE

Annexe 5 : Plan de coupe du conteneur



C					
B					
A	28/08/2024	Création	CES / CDEV	RBO	39
IND	DATE	DESCRIPTION	REDIGE PAR	APPROUVE PAR	PAGE