 Direction des énergies Direction de l'ingénierie et de la maîtrise d'œuvre des projets Département conception et études techniques	Classement GED : 3.3	Page 1/16
	Référence : 850 ELECT GUI 21 003 DO	Indice A

Titre du document :

Guide de réalisation d'un routage de liaisons électriques et de dimensionnement des cheminements associés

Champ d'application et résumé :

L'objet de ce document est d'être un guide indiquant les étapes nécessaires pour établir le dimensionnement des chemins de câbles et leurs routages.

Destinataires

DES/DIMP/DCET/SE2C : Tous salariés
DES/DIMP/DCET/DIR : Claire Fèvre – Olivier Paoli

Toutes entreprises consultées dans le cadre de projet, travaux ou rénovation

Historique des évolutions d'indice

Indice	Date	Commentaires / Objet de l'évolution d'indice
A	19/05/2021	Edition initiale

Nom	François Bourcy DCET/SE2C	Guillaume Chauvin DCE/SE2C	Jérôme Pradel DCET/SE2C
Visa			
	RÉDACTEUR(S)	VÉRIFICATEUR(S)	APPROBATEUR

En l'absence d'accord ou de contrat, la diffusion des informations contenues dans ce document auprès d'un organisme tiers extérieur au CEA est soumise à l'accord du Directeur de la Direction des EnergiesS.


Cadre de réalisation du document.

Durée d'archivage : 10ans

CLASSIFICATION


DR	CC	CD	SD	sans
				X

Document propriété du CEA - Reproduction et diffusion externes au CEA soumises à l'autorisation de l'émetteur

 <p>Direction des énergies Direction de l'ingénierie et de la maîtrise d'œuvre des projets Département conception et études techniques</p>	Classement GED : 3.3	Page 2/16
	Référence : 850 ELECT GUI 21 003 DO	Indice A

SOMMAIRE

1	OBJET.....	3
2	GLOSSAIRE	3
3	DOCUMENTS AMONTS NECESSAIRES.....	3
4	GENERALITES.....	3
5	ROUTAGE.....	6
5.1	CHEMINEMENTS PRINCIPAUX ET SECONDAIRES HT	7
5.2	CHEMINEMENTS PRINCIPAUX ET SECONDAIRES BT (CFO, CFA ET CC)	8
5.3	CHEMINEMENTS TERMINAUX.....	11
6	DIMENSIONNEMENT	11
6.1	DIMENSIONNEMENT DES CABLES	11
6.2	REGLES DE POSE ET REMPLISSAGE GENERIQUES	12
6.3	DIMENSIONNEMENT DES CHEMINS DE CABLES.....	13
	ANNEXE 1 – ABAQUE SECTION CABLE CUIVRE.....	15

 Direction des énergies Direction de l'ingénierie et de la maîtrise d'œuvre des projets Département conception et études techniques	Classement GED : 3.3	Page 3/16
	Référence : 850 ELECT GUI 21 003 DO	Indice A

1 OBJET

Ce document est un guide indiquant les étapes nécessaires pour établir le dimensionnement des chemins de câbles et leurs routages. D'autres méthodes que celles présentées dans ce guide existent et sont également légitimes.

Il conviendra également de vérifier s'il existe des exigences au niveau du projet. Elles peuvent être différentes ou plus contraignantes que celles énoncées dans le présent guide.

2 GLOSSAIRE

APD	Avant-Projet Détaillé
APS	Avant-Projet Sommaire
BT	Basse Tension
CC	Contrôle Commande
CdC	Chemin de Câble
CFa	Courant Faible
CFo	Courant Fort
DAI	Détection Automatique d'Incendie
EXE	Exécution (phase d')
HT	Haute Tension
PRO	PROjet (Phase)
TGBT	Tableau Générale Basse Tension

3 DOCUMENTS AMONTS NECESSAIRES


Ci-dessous la liste des documents qui sont nécessaires pour le dimensionnement et le routage des chemins de câbles :

- La note de calcul,
- La liste des consommateurs,
- La liste d'entrée / Sortie,
- Les schémas Unifilaires BT (HT si nécessaire),
- La maquette 3D avec implantation des équipements (ou plans 2D),
- La liste des exigences de sûreté,
- Le plan de sectorisation incendie.

4 GENERALITES

Dans ce guide on parlera de Cheminements (aussi appelé Liaisons) Principale, Secondaire ou Terminale. Pour faire une analogie avec le réseau routier : les cheminements principaux sont les autoroutes, les cheminements secondaires les nationales et départementales et enfin les cheminements terminaux sont les routes et rues.

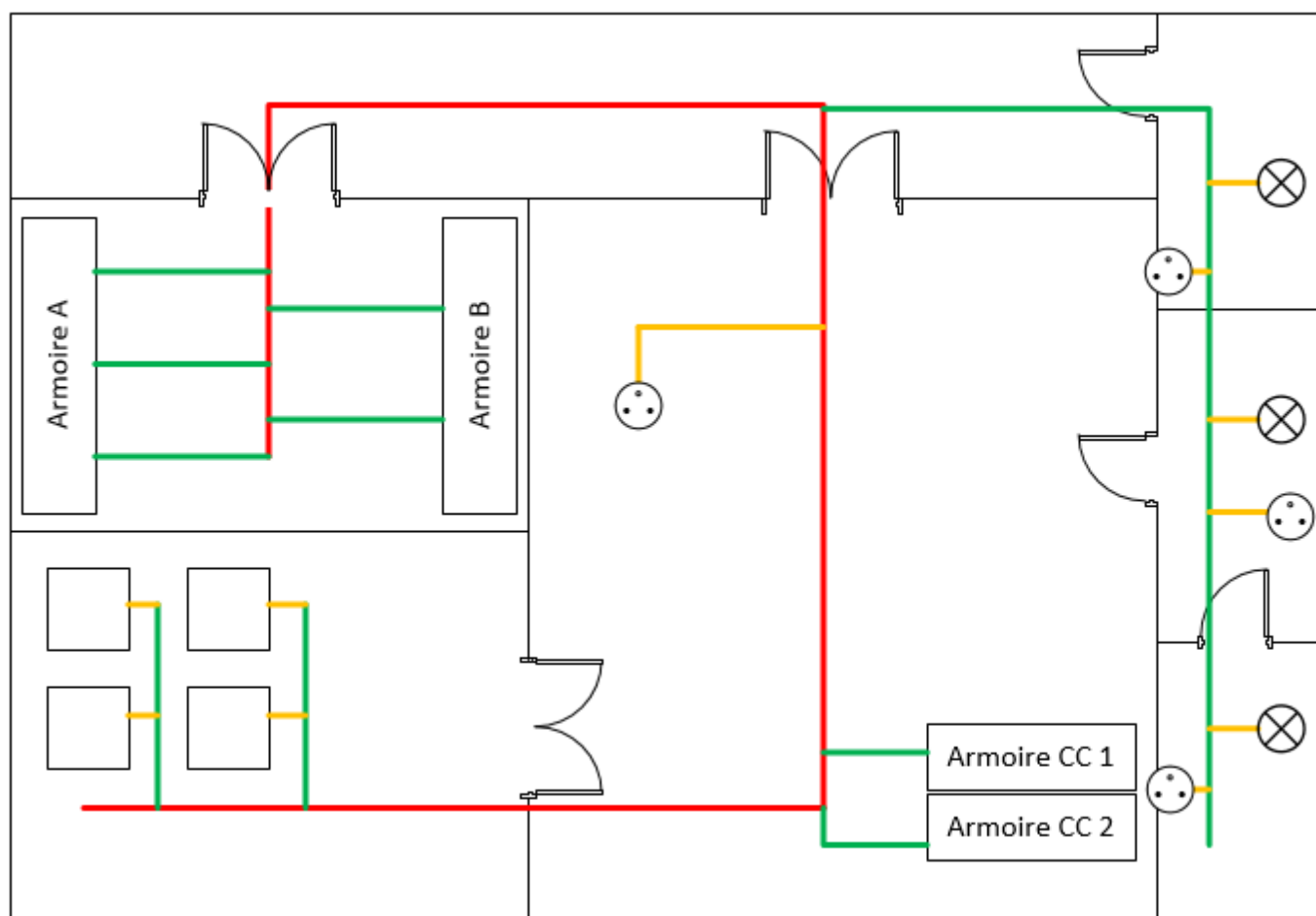
- Les cheminements principaux n'ont pas nécessairement vocation de partir d'un tenant et d'arriver à un aboutissant. Leur rôle est de relier de la manière la plus directe possible des zones très denses en câbles électriques (par exemple les locaux contenant plusieurs armoires électriques),
- Les cheminements secondaires vont permettre de relier les zones comportant des équipements électriques aux cheminements principaux ou bien des armoires ou coffrets,
- Les cheminements terminaux permettent de raccorder un équipement terminal (moteur, vanne, capteur, voyant, éclairage, prise de courant, balise radiopro, DAI...) au cheminement le plus proche


 Direction des énergies Direction de l'ingénierie et de la maîtrise d'œuvre des projets Département conception et études techniques	Classement GED : 3.3	Page 4/16
	Référence : 850 ELECT GUI 21 003 DO	Indice A

ou directement à son coffret ou armoire. Ces liaisons ne sont généralement étudiées que lors des études de détails en phase d'études d'exécution. Néanmoins ce détail sera à présenter par le titulaire et validé par le CEA.





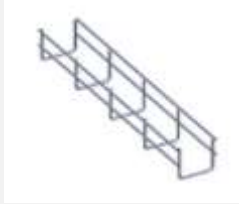
Exemple de mise en situation dans l'installation fictive ; ci-dessous on trouve :




- En rouge les cheminements principaux qui relient entre elles les zones avec forte concentration de câbles,
- En vert les cheminements secondaires qui vont soit directement raccorder des armoires (volume de câble important) soit se rapprocher d'équipements terminaux,
- Enfin en jaune on trouve les cheminements terminaux qui relient un équipement donné (éclairage, ordinateur, machine...) au chemin de câble le plus proche.



 <p>Direction des énergies Direction de l'ingénierie et de la maîtrise d'œuvre des projets Département conception et études techniques</p>	Classement GED : 3.3	Page 5/16
	Référence : 850 ELECT GUI 21 003 DO	Indice A

Dans ce guide on parle en terme générique de chemin de câbles. Néanmoins le terme chemin de câble peut être décliné sous plusieurs formes qui sont illustrées ci-dessous :

Type	Représentation	Dimensions usuelles (en mm)	Utilisation	Type d'installation
Echelle à câble		Hauteur : 75, 100 ou 150 Largeur : 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 ou 1000	<ul style="list-style-type: none"> Charges lourdes à très lourdes, Communication et forte puissance. <p>➔ Avantages : grande capacité de câbles – longue portées (6m) -- Excellente ventilation et visibilité des câbles</p>	Installation industrielle / tertiaire
Dalle perforée		Hauteur : 25, 50, 75 ou 100 Largeur : 50, 75, 100, 125, 150, 200, 300, 400, 500 ou 600	<ul style="list-style-type: none"> Charges moyennes à fortes, Communication et puissance. <p>➔ Avantages : protection mécanique limitant les perturbations électromagnétiques.</p>	Installation industrielle / tertiaire
Dalle pleine (tôle)		Hauteur : 25, 50, 75 ou 100 Largeur : 50, 75, 100, 125, 150, 200, 300, 400, 500 ou 600	<ul style="list-style-type: none"> Charges moyennes à fortes, Communication dont fibre optique. <p>➔ Avantages : protection mécanique renforcée, limitant les perturbations électromagnétiques</p>	Installation industrielle / tertiaire
Goulotte (PVC)		Hauteur : entre 10 et 150 Largeur : entre 10 et 300	<ul style="list-style-type: none"> Charges faibles à moyennes, Communication et puissance. 	Installation industrielle à ambiance corrosive / tertiaire
Cablofil		Hauteur : 30, 50 ou 100 Largeur : 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500 ou 600	<ul style="list-style-type: none"> Charges faibles à moyennes, Communication et puissance. <p>➔ Avantages : tarif -- ventilation et visibilité des câbles -- Rapidité et facilité d'installation -- Recommandés pour les environnements sensibles à la poussière / au développement bactérien</p>	Installation industrielle / tertiaire

Tube		Diamètre : entre 10 et 100	<ul style="list-style-type: none"> Charges faibles à moyennes, Communication et puissance. <p>→ Avantages : protection mécanique -- Rapidité et facilité d'installation</p>	Installation industrielle / tertiaire
Gaines / fourreau		Diamètre : entre 10 et 100	<ul style="list-style-type: none"> Charges faibles à moyennes, Communication et puissance. <p>→ Avantages : protection mécanique -- Rapidité et facilité d'installation</p>	Installation industrielle / tertiaire
Caniveau			<ul style="list-style-type: none"> Charges lourdes à très lourdes, Communication et forte puissance. <p>→ Avantages : grande capacité de câbles -- Pour tous types d'installations et activités nécessitant de longues portées (6 mètres) – Pour travaux voiries</p>	Installation industrielle / tertiaire


5 ROUTAGE

Le déroulement et la précision attendus seront différents en fonction des phases d'avancement d'un projet, de la phase Esquisse à la phase Exécution.

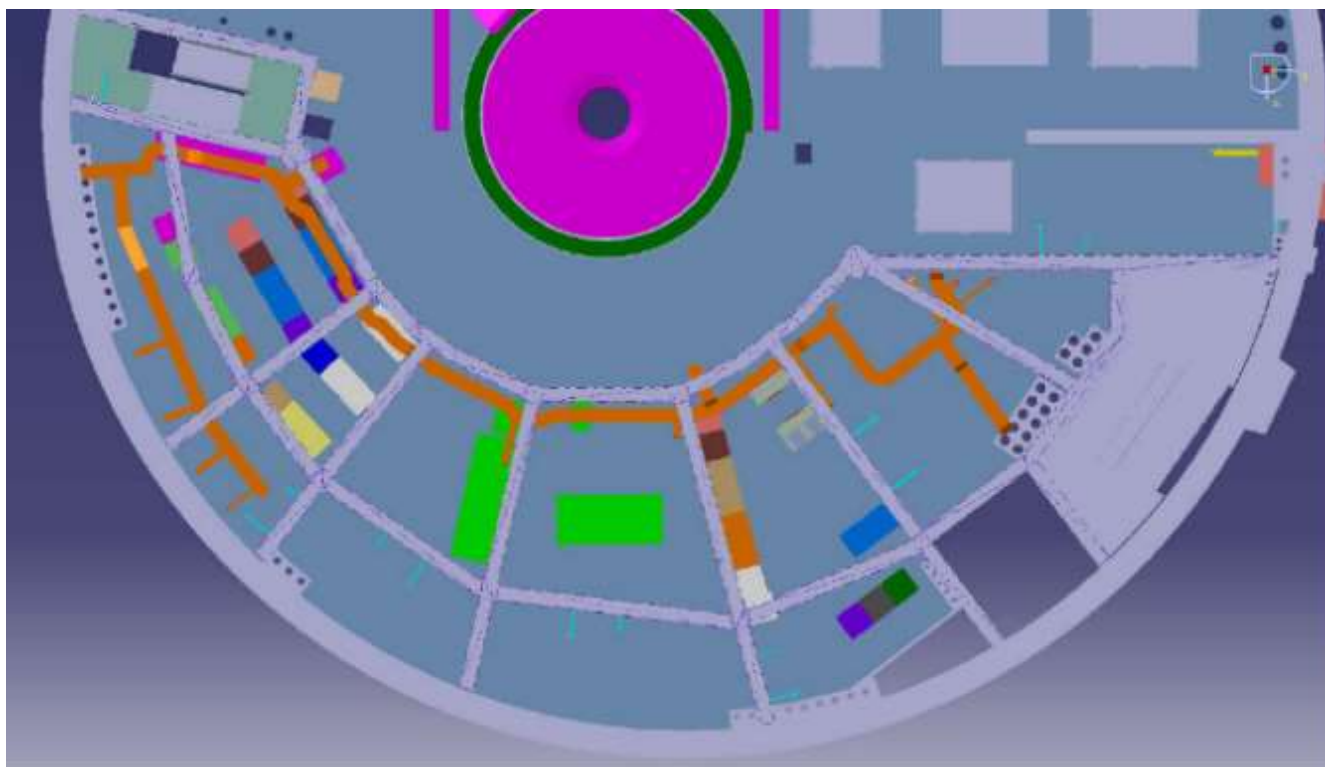
- Première phase** : l'objectif est de tracer les liaisons principales dans un premier temps (phases Esquisse et APS). Dans un second temps on trace en plus les liaisons Secondaires (phases APD et PRO).
- Deuxième phase** : elle consiste à ajouter les liaisons Terminales. Celles-ci ne sont étudiées que lors des études de détails en phase EXE.

Pour tracer les liaisons, on peut procéder en 2 étapes :

- Localiser sur un plan 2D les emplacements des différents tableaux électriques, armoires principales et sources (CFo, CFa et CC) ainsi que tous les consommateurs électriques. Ceci nous permet d'identifier simplement le chemin à suivre pour relier les équipements.
- Relier les équipements entre eux, en se basant sur l'unifilaire électrique.

 Direction des énergies Direction de l'ingénierie et de la maîtrise d'œuvre des projets Département conception et études techniques	Classement GED : 3.3	Page 7/16
	Référence : 850 ELECT GUI 21 003 DO	Indice A

Exemple : ci-dessous une vue représentant des cheminements principaux (en orange), l'idée n'est pas de relier toutes les armoires (les blocs de couleurs) mais bien d'avoir un routage qui va permettre de faire circuler les câbles entre les zones nécessaires et entre les niveaux.



A noter que les liaisons terminales n'étant pas étudiées à ce stade (phase 1), il est inutile de représenter la position des prises de courants, des détecteurs incendies ou de l'éclairage par exemple. Cela surchargerait inutilement les schémas. Néanmoins il faut vérifier une fois le plan de cheminement terminé qu'il n'existe pas un équipement complètement isolé qui nécessiterait une étude de routage avant la phase EXE.

La liste des consommateurs permet de croiser et de vérifier qu'aucun équipement n'ai été oublié.


Lors de la deuxième phase, en phase EXE, on va étudier finement les liaisons terminales pour permettre à chaque récepteur électrique d'être raccordé.

5.1 CHEMINEMENTS PRINCIPAUX ET SECONDAIRES HT

En préambule il est important de se rapprocher du STL pour des règles particulières de routage HT (règles d'enfouissement et de repérage des lignes HT notamment).

On ne fait pas de distinction entre cheminements principaux et secondaires pour le routage HT. Les liaisons HT émettent de fortes perturbations électromagnétiques et peuvent perturber les liaisons électriques environnantes. Afin de se prémunir des perturbations, on veillera à séparer les liaisons. Une solution consiste à mettre les liaisons HT en fourreaux enterrés ou caniveaux. Il ne restera en aérien que les liaisons HT qui sortent du fourreau ou caniveau pour relier :

- Les transformateurs,
- Les cellules HT,
- Les équipements HT (machines...).

 Direction des énergies Direction de l'ingénierie et de la maîtrise d'œuvre des projets Département conception et études techniques	Classement GED : 3.3	Page 8/16
	Référence : 850 ELECT GUI 21 003 DO	Indice A

A noter que si le local n'est pas équipé de faux plancher, il est souhaitable de demander au GC la réalisation de caniveaux entre l'arrivée des fourreaux et l'emplacement des cellules HT et des transformateurs.

5.2 CHEMINEMENTS PRINCIPAUX ET SECONDAIRES BT (CFO, CFA ET CC)

Pour les cheminements principaux, il faut anticiper les zones à très fortes concentrations de câbles électriques. En général ce sont les locaux électriques car c'est là que sont hébergées les armoires avec de nombreux départs. Les cheminements principaux vont relier les différentes zones entre elles.

A noter : nous privilégions la mise en place de faux plancher dans les locaux électriques. Il faut prévoir la création d'un plan de calpinage qui représente la position des supports des châssis des armoires en fonction de la position des chemins de câbles (si les faux planchers sont posés par un autre lot, ne pas oublier cette interface).

Ensuite les cheminements secondaires vont rayonner à partir des grandes artères (CDC principaux) vers des groupes d'équipements. Il ne faut pas arriver au droit de chaque équipement, c'est le rôle des cheminements terminaux, mais de s'en approcher au plus près afin de faire cheminer des câbles ensemble sans multiplier les chemins de câbles.

Les cheminements principaux et secondaires doivent être rationalisés et optimisés autant que possible, seule la liaison nécessaire pour alimenter les équipements d'un local doivent y entrer. Les cheminements principaux et secondaires doivent emprunter au maximum les couloirs.


Lors du routage des câbles, il faut prendre en compte les contraintes suivantes :

- Le type de réseau d'alimentation : dans les cas où il existe plusieurs sources d'alimentation (Normal et Secouru par exemple). Pour cheminer au plus court en fonction des sources,
- Les exigences de sûreté qui peuvent nous imposer de la redondance d'alimentation d'actionneur avec des routages géographiques différents,
- Les secteurs feus à respecter pour le routage : il faut s'appuyer sur les plans de sectorisation incendie,
- Les exigences de tenue sismique vis-à-vis de la non-agression d'une matériel EIP (par exemple),
- Les zones ATEX,
- ...

A ce stade sur le plan 2D nous aurons donc représenté visuellement les liaisons Principales et Secondaires CFo, CFa et CC. Les couleurs sont définies dans le « Guide de réalisation de plans et schémas électriques 850-ELECT-GUI-21-001-DO-A » avec notamment rouge pour les liaisons CFo et cyan pour les liaisons CFa et CC.

Une fois les cheminements dessiner il convient de numéroter chaque tronçon avec un repère unique. Ce numéro va changer à chaque changement de caractéristique du cheminement (section différente...) ou d'interruption (traversée de trémie...).

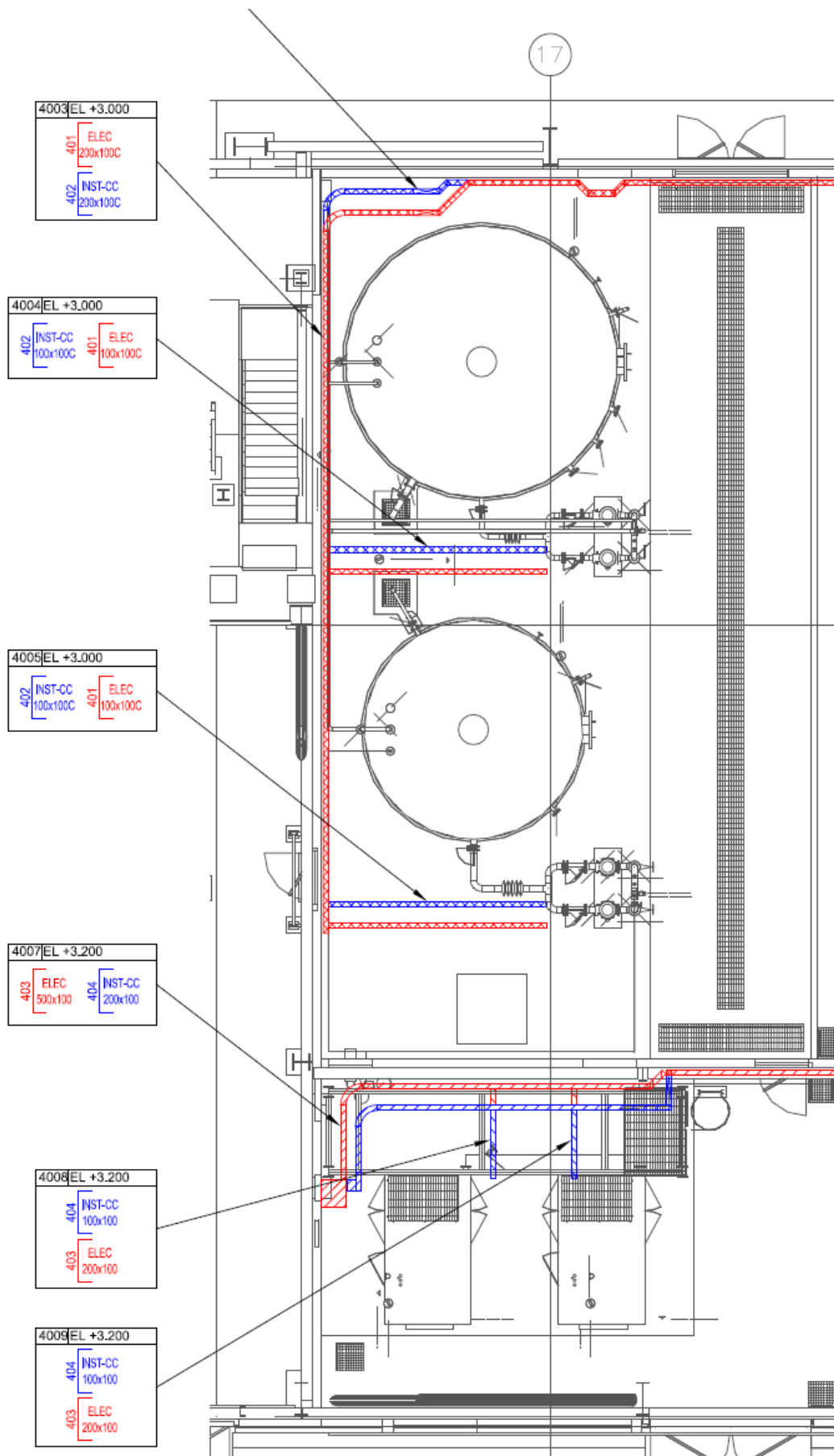
En phase APS / APD, et en fonction de la complexité du projet, on peut s'affranchir de numéroter les tronçons, cela doit être validé par le CEA. En revanche en phase PRO chaque tronçon doit être repéré. Cette étape peut être réalisée via les Araignée de Câblages.


 Direction des énergies Direction de l'ingénierie et de la maîtrise d'œuvre des projets Département conception et études techniques	Classement GED : 3.3	Page 9/16
	Référence : 850 ELECT GUI 21 003 DO	Indice A

Exemple : sur la page suivante un plan de cheminements principaux (en rouge les CFo et en bleu les CFa/CC). Dans ce plan on retrouve :

- Les cheminements principaux CFo en rouge,
- Les cheminements principaux CFa / CC en bleu,
- Le numéro de chaque tronçon,
- L'altimétrie de chaque tronçon → cette information est utile sur plan pour les compagnons au moment de poser le chemin de câble. Au stade étude c'est généralement l'équipe en charge de la Maquette 3D qui définit l'altimétrie en fonction des contraintes rencontrées,
- Le détail de la composition de chaque tronçon,
- Les natures et dimension de chaque Chemin de Câble.





 Direction des énergies Direction de l'ingénierie et de la maîtrise d'œuvre des projets Département conception et études techniques	Classement GED : 3.3	Page 11/16
	Référence : 850 ELECT GUI 21 003 DO	Indice A

Une fois le routage défini il convient ensuite d'estimer des nombres et dimensions pour les chemins de câbles. C'est l'objet du §6.

Une fois le dimensionnement effectué (via la note de calcul), il faut intégrer le besoin dans la maquette 3D afin que les emplacements soient réservés. Cette réservation permet d'éviter les conflits avec les autres métiers (tuyauterie, ventilation...) ou autres titulaires (électricien marché A, électricien marché B...). La maquette 3D devient la référence officielle pour le projet (synthèse) et les modifications éventuelles sont à apporter dans la maquette 3D et sur les plans de cheminements.

5.3 CHEMINEMENTS TERMINAUX

Quel que soit le niveau de tension (HT ou BT) ou bien la nature du signal (CFo, CFa ou CC), le cheminement terminal a toujours pour vocation de faire cheminer le ou les câbles pour un équipement en particulier (un capteur de pression, un moteur, un clapet, une fin de course...) depuis le cheminement principal ou secondaire le plus proche.

Nota : ce cheminement n'est généralement pas dessiné (à voir en fonction du besoin du projet) sur plan ou en maquette car la pose du cheminement se fera sur site en fonction des contraintes directement relevées.

6 DIMENSIONNEMENT

Afin de dimensionner les chemins de câbles il y a deux facteurs principaux :

- Les diamètres extérieurs des câbles,
- Les règles de pose et remplissage qui influent sur le nombre global de cheminement.

6.1 DIMENSIONNEMENT DES CABLES

L'objectif de cette étape est d'obtenir le diamètre extérieur du câble afin de définir la place qu'il va occuper dans un chemin de câble. Pour cela il faut en premier lieu définir la section du câble. Cette information se retrouve dans la note de calcul.

Nota : Pour les câbles HT se référer au STL.

En l'absence de note de calcul (en phase d'esquisse par exemple) afin d'obtenir une estimation de la section d'un câble on pourra utiliser soit :


- L'abaque en Annexe 1,
- Un logiciel en ligne type EasyCalc de Nexans dont le lien est indiqué ci-dessous :

https://www.nexans.fr/eservice/France-fr_FR/navigate_321336_40_40_17655/Nexans_EASYCALC.html

Attention : les deux méthodes palliatives ci-dessus produisent des résultats pouvant être très significativement différents de la note de calcul. Il faudra donc mettre à jour au plus tôt les données avec une note de calcul afin d'avoir des résultats fiables et exploitables.

Une fois la section du câble définie il faut utiliser un catalogue d'un fabricant pour en déduire son diamètre extérieur. Ci-dessous lien vers deux catalogues fabricants :

- https://www.nexans.fr/eservice/France-fr_FR/navigate_352097/Cables_fils_Industriel_et_Tertiaire.html
- <https://fr.prysmiangroup.com/produits-et-solutions/nos-documents/nos-catalogues>

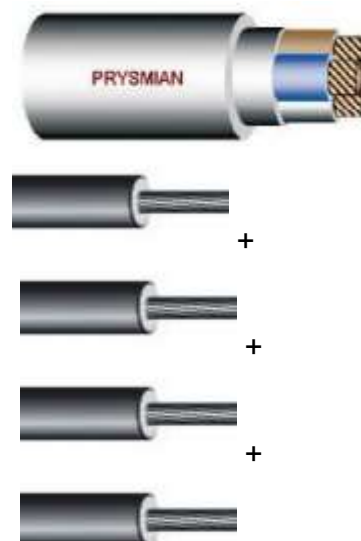
 Direction des énergies Direction de l'ingénierie et de la maîtrise d'œuvre des projets Département conception et études techniques	Classement GED : 3.3	Page 12/16
	Référence : 850 ELECT GUI 21 003 DO	Indice A

Attention le diamètre peut être sensiblement différent selon la nature du câble. Un câble armé et blindé sera plus épais qu'un câble classique par exemple.

Pour rappel dans le cas d'une INB les câbles intérieurs sont tous classifiés a minima **B2ca s1 d1 a1 (anciennement C1)**.

Attention également à bien prendre en compte tous les conducteurs dans le cas de liaisons unipolaires. En effet pour un récepteur nécessitant une liaison de 4x120mm² on peut obtenir les deux solutions ci-dessous :

- 1 câble de 4x120mm² d'un diamètre extérieur de 47,5mm
- 1 câble unipolaire de 1x120mm² d'un diamètre extérieur de 21mm. Il faut donc 4 câbles soit 4x21mm = 84mm



La note de calcul précise bien ces cas de figures avec l'écriture suivante :

- 4x120 → signifie 1 câble multipolaire,
- 4x1x120 → signifie 4 câbles unipolaire de 120mm² chacun.

*A noter que le choix d'un câble multipolaire ou unipolaire doit également se faire en fonction des contraintes de tirages sur site (rayon de courbures, remplissage des fourreaux...). **De plus des itérations entre la note de cheminement et la note de calcul sont à prévoir pour prendre en compte la solution technico-économique la plus intéressante.***

6.2 REGLES DE POSE ET REMPLISSAGE GENERIQUES

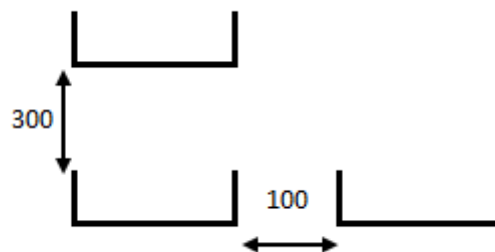
Les règles de pose et de remplissage ont normalement déjà été définies et prises en compte avec la note de calcul. Néanmoins, en l'absence de note de calcul et si les règles du Projet ne sont pas exhaustives alors on pourra appliquer par défaut celles ci-dessous :

- La réserve dans les chemins de câbles doit être de 30%. En phase d'Avant-Projet il est conseillé d'avoir 50% de réserve afin de prendre en compte les évolutions des études,
- Les distances (en mm) entre chemins de câbles de nature différente doivent respecter le tableau ci-dessous :

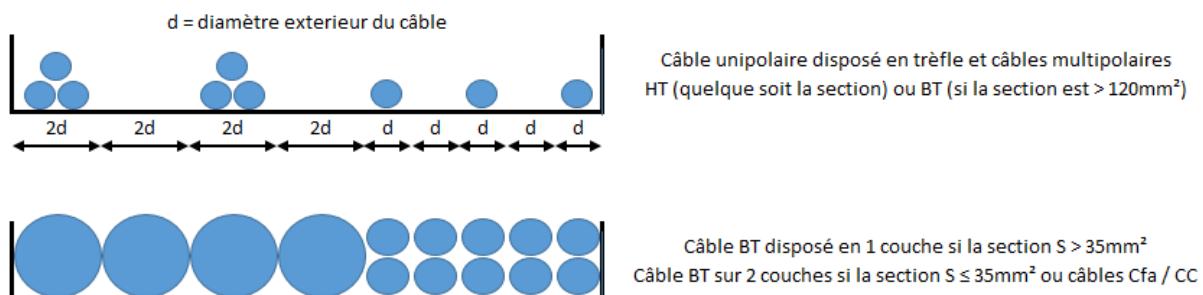
	HT	CFo (BT)	CFa / CC / Instrum
HT		300	600
CFo (BT)	300		300
CFa / CC	600	300	

Nota : ces règles doivent être confirmées par métiers concernés (CFA/CC/Instrum)

- Les espacements entre dalles de même nature doivent respecter le schéma ci-dessous



- Les câbles sont disposés sur 2 couches maximum en respectant les distances ci-dessous



6.3 DIMENSIONNEMENT DES CHEMINS DE CABLES


Une fois que le routage des câbles et leur diamètre extérieur sont estimés, la dernière étape consiste à dimensionner les chemins de câbles.

Pour cela on va calculer une taille virtuelle de dalle. Il faut compiler, par type de chemin de câble (CFo, CFa ou CC), la somme des diamètres des câbles transitant par le tronçon concerné.

Nota : bien prendre en compte le nombre de couche possible.

Enfin, on rajoute les réserves liées aux règles du paragraphe précédent 6.2 (réserve de 50%, espace d'un diamètre entre câble, plusieurs couches possibles...) pour obtenir la taille virtuelle de la dalle.

Le résultat obtenu : une dalle de 2737mm de large pour les CFo et 5839mm pour les CC par exemple, doit être comparé aux dimensions standards des fournisseurs de CDC. On prendra la section directement supérieure.

 Direction des énergies Direction de l'ingénierie et de la maîtrise d'œuvre des projets Département conception et études techniques	Classement GED : 3.3	Page 14/16
	Référence : 850 ELECT GUI 21 003 DO	Indice A

Ci-dessous un exemple simplifié d'études pour des dalles CFo. On voit bien que le routage du câble détermine les tronçons utilisés. Ce qui à son tour permet de déterminer la largeur théorique d'un tronçon.

Item	N° câble	section	diam unitaire (mm)	Largeur total (mm)	N° Tronçon										
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Armoire	1001	4x1x120	21	84	x	x	x	x	x		x	x			
Pompe 1	1002	4x70	37,5	37,5	x	x	x						x		
Eclairage	1003	3G2,5	11,6	11,6	x	x	x	x						x	
Moteur 2	1004	3x1x150	23	69	x	x	x							x	
Moteur 3	1005	4x35	28,5	28,5	x	x									
Pompe 2	1006	3G16	19,5	19,5	x	x	x	x	x	x					
Largeur théorique (en mm) avec réserve de 30%					325,1	325,1	288,1	149,6	134,6	25,35	109,2	109,2	138,5	15,08	15,08

Dans l'exemple ci-dessus, pour simplifier on considère que les câbles sont disposés sur une couche maximum et qu'il n'y a pas besoin d'espace entre eux. On peut donc choisir pour le tronçon 3 soit :

- Une dalle de 300mm de large pour 50mm de haut,
- Une dalle de 200mm et une dalle de 100mm,
- Deux dalles de 150mm,
- ...

Les combinaisons peuvent être nombreuses. C'est à choisir en fonction de l'encombrement réel et du choix technico-économique le plus judicieux.

Attention si le changement de section de dalle remet en cause les conditions de pose (notamment le nombre de couches), il faut réitérer avec la note de calcul.

Enfin, une fois le nombre de dalles défini il faut prendre en compte les espacements indiqués dans les règles, afin de définir un volume réservoir pour le Génie Civil qui va dimensionner les trémies et passage libre requis.

A noter également que dans les zones très denses en poussières il est conseillé de disposer les Cdc en « drapeaux » (exemple ci-dessous) au lieu d'être à plat ; afin de limiter l'accumulation de poussières sans utilisation de capotage. Cependant l'inconvénient majeur de cette méthode est le temps de pose plus important (et donc le coût).

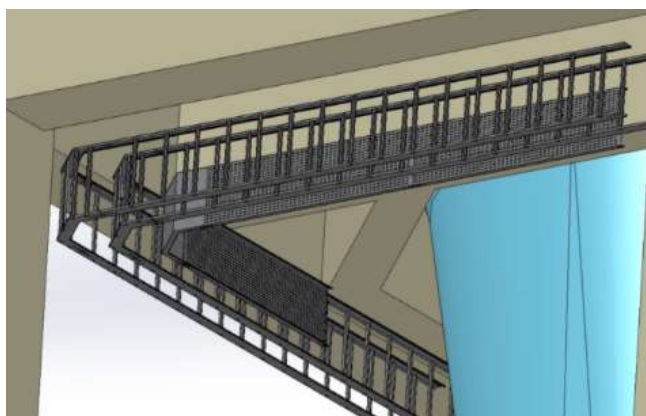


Figure 1 pose en drapeaux

[illegible]

[illegible]