

Université de Reims Champagne-Ardenne

Centre de Ressources Informatiques



**UNIVERSITÉ
DE REIMS
CHAMPAGNE-ARDENNE**

**Schéma Directeur des infrastructures
Voix Données Images**

Charte de câblage des infrastructures VDI

Rev	Date	Rédaction	Approbation
0	07/01/2008	Y. BOUDIN	E.BONNET
9	08/11/2017	E. BONNET	E. BONNET



1.	Introduction.....	4
1.1.	Contexte et objectif du référentiel.....	4
1.2.	Le cahier des clauses techniques particulières (CCTP)	4
1.3.	Qualité de la prestation	5
2.	Normes, règlements et DTU applicables	6
3.	Principe d'une infrastructure de communication.....	7
3.1.	Objectif.....	7
3.2.	Architecture générale.....	8
3.3.	Implantation géographique des locaux techniques	9
3.3.1.	Zone d'influence campus	9
3.3.2.	Zone d'influence bâtiment.....	10
3.3.3.	Caractéristiques des locaux techniques	11
4.	Spécifications techniques VDI	12
4.1.	Maçonnerie	12
4.1.1.	Les percements	12
4.1.2.	Les rebouchages	12
4.1.3.	Habillage des colonnes inter-étages	12
4.1.4.	L'aménagement du local technique.....	12
4.1.4.1.	Porte	12
4.1.4.2.	Cloisons.....	12
4.1.4.3.	Climatisation	13
4.1.4.4.	Electricité.....	14
4.2.	Les baies	15
4.2.1.	Caractéristiques.....	15
4.2.2.	Exemple de répartition dans les baies.....	16
4.3.	Les liens cuivre	17
4.3.1.	Les répartiteurs cuivre.....	17
4.3.2.	Les connecteurs.....	18
4.3.3.	Les câbles de distribution.....	18
4.3.4.	Raccordement des câbles dans les baies	18
4.3.5.	Pose des câbles sur les chemins de câbles	19
4.3.6.	Pose des câbles dans les goulottes et boîtiers.....	19
4.3.7.	Les cordons de brassage	20
4.4.	Les rocares optiques.....	21
4.4.1.	Les câbles optiques monomode	21
4.4.2.	Les tiroirs optiques.....	23
4.4.3.	Les connecteurs.....	24
4.5.	Les rocares cuivre	25
4.6.	Les cheminements.....	26
4.6.1.	Règles d'implantation	26
4.6.2.	Les chemins de câbles	26
4.6.3.	Les tubes IRO.....	29
4.6.4.	Les gaines ICT.....	29
4.6.5.	Règles de cheminement dans les faux plafonds.....	30

4.6.6.	Les goulottes	30
4.6.7.	La mise à la Terre	31
4.6.7.1.	Raccordement des câbles capillaires	31
4.6.7.2.	Raccordement des drains et mises à la terre.....	31
4.6.8.	Equipotentialité	32
4.7.	Recommandations de mise en œuvre CEM	33
4.7.1.	Préambule	33
4.7.2.	Contraintes d'environnement.....	33
4.7.3.	Règles de distribution	34
4.7.4.	Installations perturbatrices.....	35
4.8.	Le génie civil (VRD)	36
4.8.1.	Génie civil traditionnel	36
4.8.1.1.	Préambule.....	36
4.8.1.2.	Sondages préalables.....	36
4.8.1.3.	Réalisation des tranchées.....	36
4.8.1.4.	Pose et repérage des fourreaux	36
4.8.1.5.	Prescriptions des matériaux de remblai et de réfection.....	37
4.8.1.6.	Réalisation des chambres de tirage	40
4.8.2.	Génie civil semi affleurant.....	41
4.8.2.1.	Préambule.....	41
4.8.2.2.	Sondages préalables.....	41
4.8.2.3.	Réalisation des tranchées.....	41
4.8.2.4.	Pose et repérage des fourreaux	41
4.8.2.5.	Prescriptions des matériaux de remblai et de réfection.....	41
4.9.	Le repérage	43
4.9.1.	Principe	43
4.9.2.	Les locaux techniques.....	43
4.9.3.	Les cheminements	43
4.9.4.	Les câbles VDI.....	43
4.9.5.	Les prises	44
4.9.6.	Les rocades optiques	44
4.9.7.	Les rocades cuivre	44
4.10.	Tests.....	45
4.10.1.	Contrôle Visuel	45
4.10.2.	Mesures sur les câbles cuivre	46
4.10.3.	Mesure sur les câbles optiques	47
4.10.4.	Contre recette	47
4.11.	Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE).....	48
4.12.	Réception	48

1. Introduction

1.1. Contexte et objectif du référentiel

Pour faire face à l'évolution des technologies, l'Université de Reims a décidé d'adopter une stratégie cohérente de câblage pour l'ensemble des bâtiments.

Le présent document constitue la charte de câblage structuré, multimédia, V.D.I. (Voix Données Images).

L'objectif de cette charte, qui décrit l'ensemble des éléments constituant l'infrastructure de câblage, est de définir une stratégie dans laquelle il est indispensable de s'inscrire lors de toute nouvelle opération (création ou rénovation), afin d'atteindre l'architecture cible de câblage préconisée.

Le but recherché est de maîtriser les coûts, de pérenniser les investissements, d'optimiser et d'homogénéiser la qualité des infrastructures déployées, pour pouvoir répondre aux nombreux besoins émergents en matière de nouvelles technologies à court et moyen terme.

Il sera également indispensable que ce document serve de base lors de toute nouvelle programmation d'opération lourde afin que les estimations initiales tiennent compte du coût de mise en œuvre des infrastructures de communication VDI telles que définies dans cette charte.

Ce descriptif sera complété par un document qui devra tenir compte des spécificités de chacun des sites à équiper et qui aboutira à un Cahier des Clauses Techniques Particulières propre à chacun d'eux.

1.2. Le cahier des clauses techniques particulières (CCTP)

Au-delà de ce référentiel, il sera indispensable pour chaque nouvelle opération de câblage conséquente, d'établir un CCTP, afin de mettre en concurrence les entreprises, par simple consultation ou dans le cadre d'un marché public, en validant la qualité et la conformité des installations livrées.

Le CCTP devra, dans le respect du présent référentiel, définir précisément les caractéristiques techniques du câblage VDI à déployer (en une seule ou plusieurs tranches de travaux) dans un établissement donné, en fonction notamment :

- ☛ De la topologie du site,
- ☛ Du diagnostic de l'existant,
- ☛ De l'analyse des besoins,
- ☛ Des directives de la **"Direction du Numérique"**.

Les offres des entreprises auront à respecter le cadre d'un bordereau quantitatif et qualitatif joint au dossier avec :

- ☛ Les Quantités mises en œuvre (nombre, volume, mètres ...),
- ☛ Les prix unitaires qui comprendront la fourniture du matériel, les frais de transport, la pose, les frais annexes de chantier, la recette, la garantie
- ☛ Le montant forfaitaire de la soumission sera contractuel ; toute erreur ou omission dans le détail qualitatif, quantitatif, estimatif restera à la charge du soumissionnaire.

Dans son contenu, le CCTP comportera les directives concernant les éléments suivants :

- ✿ La continuité de service téléphone, informatique et vidéo lors de l'évolution du système de câblage (description de l'existant, travaux provisoires, ...),
- ✿ L'étude technique, l'établissement des plans et/ou schémas des ouvrages à réaliser,
- ✿ La réalisation du câblage,
- ✿ Les essais et la mise en œuvre des moyens nécessaires pour le contrôle des qualités techniques requises,
- ✿ La mise en service avec la garantie de résultat souhaitée,
- ✿ Les garanties légales et contractuelles,
- ✿ La formation technique du personnel qui sera chargé de l'exploitation,
- ✿ Le "**Dossier des Ouvrages Exécutés**" qui devra être remis au chargé d'exploitation.

Si la réalisation du câblage nécessite la dépose de tout ou partie d'un câblage existant, celle-ci devra être prise en compte dans le CCTP, en respectant les plans de création ou de modification des lieux, ainsi que l'évacuation des différents matériaux

1.3. Qualité de la prestation

Dans le cadre d'une opération de restructuration ou de construction, le lot "**Infrastructures de Communications VDI**", qui comporte le câblage polyvalent de type V.D.I. sur support cuivre et optique, les installations téléphoniques et l'aménagement des locaux techniques, devra faire l'objet d'un **lot distinct** du lot "courant faible" (GTC, gestion de l'heure, détection incendie, câblage et équipements TV...) ainsi que du lot "Courants Forts".

Compte tenu des spécificités et face aux enjeux pour l'avenir, il sera demandé aux différents intervenants des niveaux de qualification réels. Ce lot "**Infrastructures de Communications VDI**" ne pourra être attribué qu'à une entreprise présentant les capacités et les références suffisantes dans ce domaine particulier. Une dizaine de références câblage de plus de 150 prises, **datant de moins de trois ans**, avec pour chaque référence :

- ✿ Le nom de l'Entreprise,
- ✿ Le nom du Client,
- ✿ Le N° de téléphone,
- ✿ Le nombre de prises installées,
- ✿ Le type de câblage installé.

Le titulaire sera tenu à une obligation de résultat. En particulier, il devra remettre en œuvre matériellement et fonctionnellement les réseaux mis en place avant le câblage.

Le matériel présentera toutes les qualités de bon fonctionnement.

Le titulaire sera tenu pour seul responsable d'un mauvais fonctionnement ou de toute défectuosité qui pourrait résulter d'un assemblage de pièces ou d'accessoires mal adaptés, y compris dans le cas où les composants d'un ensemble ne proviendraient pas d'un même constructeur.

2. Normes, règlements et DTU applicables

Les infrastructures déployées devront être conformes aux règles de l'art en vigueur, mais aussi respecter les normes suivantes :

- ✿ Aux normes AFNOR,
- ✿ A la norme NFC 15.100 – 2002 et ses additifs,
- ✿ Au guide pratique UTE C15-900 (octobre 2000),
- ✿ Aux DTU, Documents Techniques Unifiés,
- ✿ À tous les décrets, arrêtés, règlements et normes concernant les infrastructures VDI (câblage VDI et distribution électrique) qui seront en vigueur à la date de la soumission,
- ✿ Aux règlements UTE en général,
- ✿ Norme EN 50173-1 norme européen août 2003,
- ✿ Normes EN 50174 -1, 2 et 3,
- ✿ Norme ISO/IEC 11801 Standard International, édition septembre 2002 et sesAmd1 et Amd2 (avril 2010),
- ✿ Normes EIA/TIA 568 US Norme sur laquelle reposent les caractéristiques physiques des réseaux locaux et standards informatiques,
- ✿ Norme EN 55022 Perturbations des systèmes de traitement de l'information,
- ✿ Normes CEI 1000 et 801-4 : Compatibilité électromagnétique,
- ✿ Norme EN 50167 Câbles de distribution capillaires,
- ✿ Normes EN 50168 Brassage,
- ✿ Norme EN 50169 Câbles de rocades,
- ✿ Aux règles de l'art,
- ✿ Au Code du travail,
- ✿ Au décret du 14 novembre 1988 et circulaires relatives à la protection des travailleurs et à l'arrêté du 26 février 2003,
- ✿ Aux prescriptions spécifiques indiquées dans le présent document,
- ✿ Aux prescriptions et spécifications éditées par les divers constructeurs.

Tous les produits seront normalisés NF USE. Les indices de protection (IP/ IK) seront conformes aux normes et réglementations en vigueur, suivant la classification des risques dans les locaux.

L'entreprise devra utiliser les dernières normes en vigueur lors de la réalisation des travaux.

3. Principe d'une infrastructure de communication

3.1. Objectif

L'objectif de ce câblage, à terme, est d'offrir à tout occupant d'un établissement un accès aux ressources de communications V.D.I. et cela en tout point du bâtiment. Ce câblage pourra notamment :

- ✿ Supporter simultanément les applications V.D.I. actuelles et futures,
- ✿ Permettre les réaffectations aisées des postes de travail, les modifications de topologie, les changements d'applications ou de type de réseau, rapidement et sans adjonction de câbles supplémentaires.

Le dimensionnement du câblage sera adapté aux besoins initiaux ainsi qu'aux extensions à court et moyen terme.

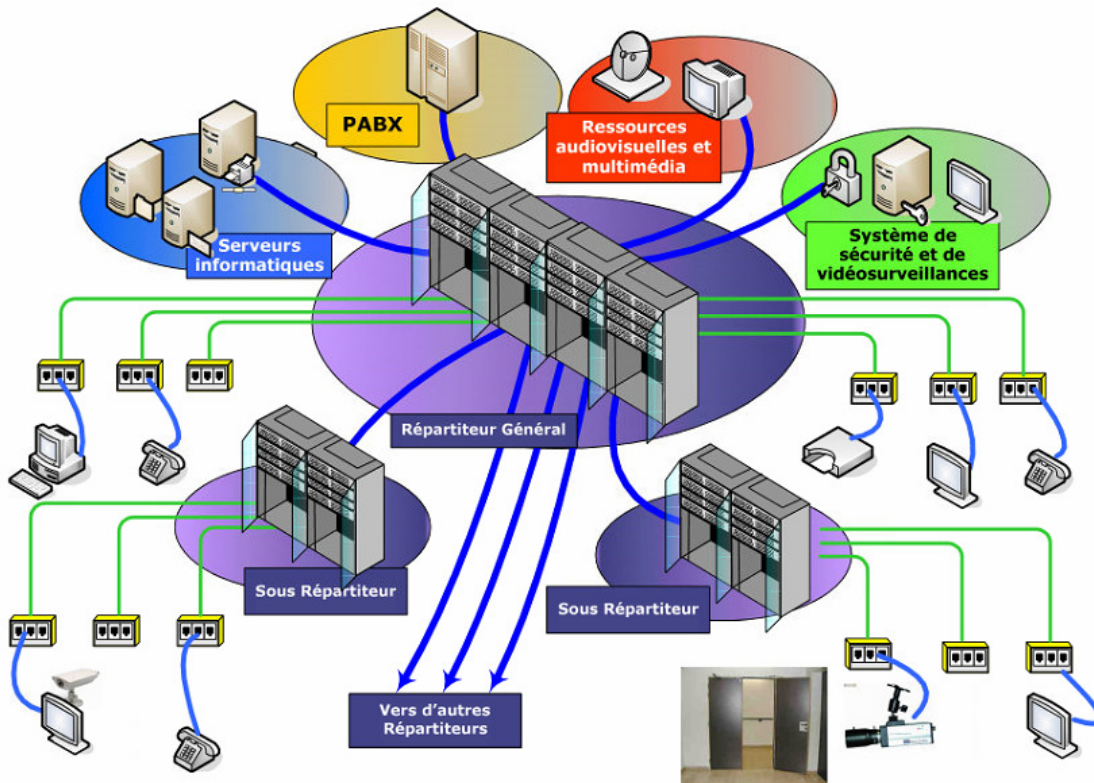
Le câblage sera défini de manière à être **systématique, reconfigurable, banalisé et universel**.

- ✿ Ceci implique qu'il sera suffisant en :
 - ✿ Quantité (nombre de postes de travail et nombre de prises terminales),
 - ✿ Qualité (respect des normes et des règles d'ingénierie),
 - ✿ Evolutivité et adaptabilité (câblage et connectique non-proprétaire).

Il est à noter que l'infrastructure sera déployée sur un site composé de plusieurs bâtiments indépendants. Le choix des types de câbles de rocade à utiliser (optique et cuivre) sera homogène et les précautions à prendre pour leurs mises en place seront conformes aux exigences des constructeurs (rayons de courbure par exemple).

3.2. Architecture générale

La figure ci-dessous décrit de manière générale l'architecture d'une infrastructure de communication. Chacun des constituants du câblage sera détaillé dans les chapitres suivants.



Les principaux constituants d'une infrastructure de câblage sont les suivants :

- ✿ Le répartiteur général, point central de l'architecture,
- ✿ Le câblage capillaire alimentant les prises terminales,
- ✿ Les points d'accès, composés de plusieurs prises RJ45 terminales et plusieurs prises courants forts 220-240 volts,
- ✿ Le minimum de sous-répartiteurs, alimentés depuis le répartiteur général via les rocade optiques.

3.3. Implantation géographique des locaux techniques

Nous préconisons de considérer l'ensemble d'un site afin d'en conserver l'homogénéité même si certains bâtiments qui le composent ne sont pas concernés immédiatement par des travaux.

C'est pour cela que le positionnement des locaux techniques nécessite la définition des **Zones d'Influences**.

Nous identifions deux principes :

- ✿ La zone d'influence Campus,
- ✿ La zone d'influence Bâtiment.

La "zone d'influence Campus" consiste à déterminer quel bâtiment est le plus à même d'héberger le local technique servant de point de convergence des artères de notre infrastructure.

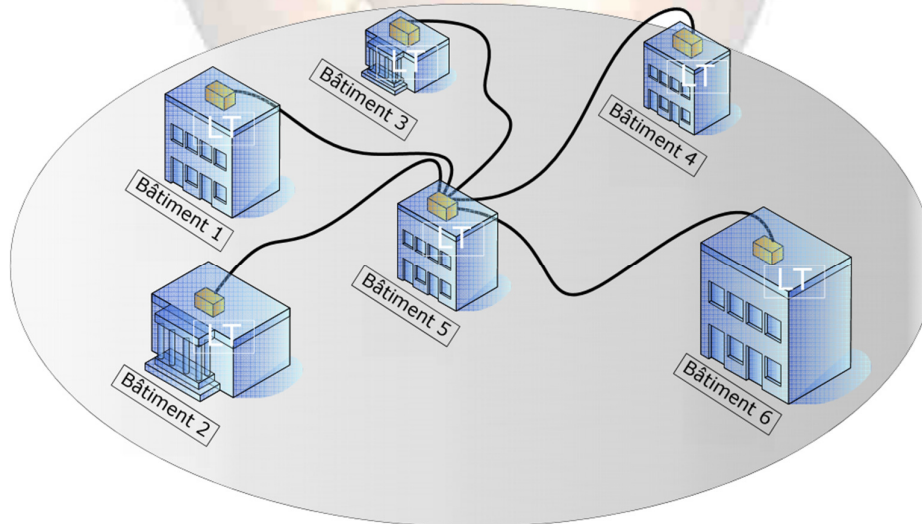
La "zone d'influence Bâtiment" consiste à déterminer quel emplacement est le plus judicieux pour créer le local technique permettant d'héberger le câblage capillaire. Chaque bâtiment sera muni d'un ou plusieurs locaux techniques.

3.3.1. Zone d'influence campus

Afin de trouver le bâtiment le mieux situé, notre recherche se focalise sur les caractéristiques suivantes :

- ✿ Etre au centre du campus afin d'optimiser les longueurs de câble (notamment les rocares),
- ✿ Permettre d'héberger les ressources informatiques ou disposer d'alternative (double chemin) pour aller vers ces ressources.

Notre exemple, ci-après, présente un scénario de préconisation. Le bâtiment N°5 idéalement centré est le plus à même de répondre à nos exigences.

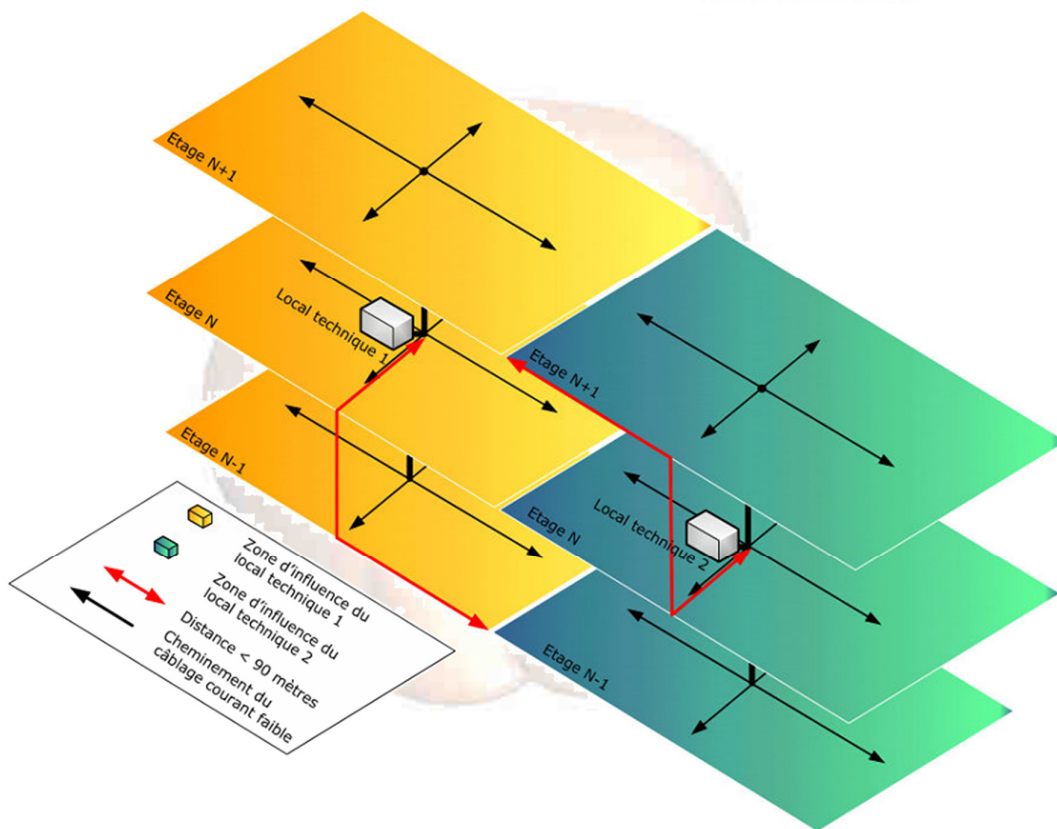


Reste à déterminer l'emplacement du local technique dans ce bâtiment. Pour cela nous appliquons les principes qui sont présentés dans le chapitre suivant « zone d'influence bâtiment ». En effet, afin d'optimiser les locaux techniques, le local permet d'accueillir les points d'accès situés à moins de 90 mètres (câblage capillaire).

3.3.2. Zone d'influence bâtiment

Il est retenu le principe d'implantation de locaux techniques permettant d'irriguer les utilisateurs dans un rayon de 50 à 70 m, c'est-à-dire une distance réelle, compte tenu des chemins de câbles et autres passages, toujours inférieure à 90 mètres.

Ce rayon n'est pas seulement horizontal, sur un même niveau, mais également vertical, ce qui présente l'avantage de desservir des utilisateurs aux niveaux inférieurs et supérieurs. Dans ce cadre, il est important de disposer (ou de créer) des gaines techniques inter-étage à proximité des locaux techniques pour basculer d'un étage à un autre.



D'une manière générale et dans le but de simplifier la gestion du câblage, il est important de limiter au maximum le nombre de sous-répartiteurs et d'augmenter la qualité de chacun (superficie, accès, système de refroidissement, etc.).

3.3.3. Caractéristiques des locaux techniques

Les locaux techniques disposeront des caractéristiques importantes suivantes :

- ✿ Surface minimum de 12 m² (**la surface sera calculée en fonction des équipements**), ils assurent une volumétrie permettant l'implantation de l'ensemble des matériels et le déplacement d'un technicien (hauteur sous plafond minimum 2,50m),
- ✿ Éloignement d'au moins 3-5 mètres des principales sources de parasites (machinerie ascenseurs, transformateurs ...),
- ✿ Equipé d'un chemin de câbles (300mm au minimum) de type dalle marine pour permettre l'installation des câbles courants faibles VDI,
- ✿ Equipé d'un éclairage d'intensité minimale 500 lux. De préférence, l'éclairage ne doit pas être de type lampe à vapeur de sodium ou type fluorescent à (prendre un système d'allumage électronique avec éclairage brillant de luxe si possible),
- ✿ Dimension de la porte d'entrée : 85 cm de largeur minimum pour les locaux existants et 120 cm pour les créations,
- ✿ Equipé d'un bandeau (goulotte) comprenant 3 prises RJ45,
- ✿ Respect des normes incendie et sécurité de l'établissement (minimum 1 détecteur dans la salle),
- ✿ Le local devra être au minimum peint (sol, mur) afin d'avoir au final un traitement anti-poussière et antistatique,
- ✿ Ils devront disposer d'une lampe portative de sécurité sur support mural (raccordement sur une des PC à l'entrée du local + batteries incorporées),
- ✿ Le local sera équipé d'un système de refroidissement dimensionné en fonction des équipements installés,
- ✿ Le local devra posséder une bonne isolation phonique (en fonction des équipements installés dans le local),
- ✿ Une attention particulière devra être apportée à la gestion des flux d'air dans le local. Une étude permettant de réduire la consommation énergétique du système de refroidissement devra favoriser une solution technique Ecoresponsable.

Le local devra disposer de suffisamment de prises de courant banalisées de type domestique (minimum 3 prises), dans le local technique ; afin qu'un technicien de maintenance ne branche pas ses outils dans la baie ou sur les PC220 du réseau VDI.

Le local sera réservé uniquement pour le réseau VDI.

4. Spécifications techniques VDI

4.1. Maçonnerie

4.1.1. Les percements

Le titulaire réalisera tous les travaux de percement (carottages) nécessaires ainsi que la création des ouvertures pour le passage des chemins de câbles inter étages **en validant ou faisant valider la faisabilité à chaque fois que nécessaire, en particulier si la structure du bâtiment doit être impactée par ces ouvertures.**

Les percements (carottages) s'effectueront de manière soignée afin d'éviter les éclats sur la paroi opposée. Si des éclats ont été effectués, ils devront être soigneusement repris (y compris retouche peinture).

Les percements (carottages) devront être réalisés en dehors des heures ouvrées.

4.1.2. Les rebouchages

Les percements seront impérativement rebouchés par le Titulaire (coupe feu 1h). Les pénétrations inter étages devront être fermées après pose des câbles, avec des matériaux aux normes anti-propagation incendie.

4.1.3. Habillage des colonnes inter-étages

Le titulaire devra réaliser l'habillage des colonnes inter-étages dans les zones accessibles (si chemin de câbles). Cet habillage sera facilement démontable.

L'habillage sera réalisé avec un caisson en panneaux de particules surfacés de couleur. La couleur sera définie lors de la première réunion de chantier.

4.1.4. L'aménagement du local technique

4.1.4.1. Porte

Le local devra disposer d'une porte coupe-feu (1/2h) : porte 92 cm bois avec isolation interne ouvrant sur l'extérieur du local.

Le numéro de clé devra respecter l'organigramme et être validé par le maître d'ouvrage.

La porte sera équipée d'un groom.

4.1.4.2. Cloisons

A - Ossature

L'ossature est constituée de profils métalliques suspendus à la structure porteuse par l'intermédiaire de suspentes réglables et rigides, en nombre et de section suffisante pour assurer la stabilité mécanique de l'ensemble, quel que soit le niveau de surpression ou dépression du local considéré.

La fixation des suspentes, ossatures, etc. devra tenir compte de la nature et de la qualité du support et ne devra en aucun cas amoindrir leurs résistances mécaniques, physiques, etc.

Tous les éléments d'ossature, suspentes, etc. doivent être protégés de la corrosion par galvanisation, métallisation ou revêtement organique, qui devront tenir compte des caractéristiques des locaux.

B - Panneaux

Les matériaux et produits utilisés auront fait l'objet d'une certification à la marque NF ou posséderont une certification AFNOR/CSTB.

La nature des panneaux de remplissage doit être adaptée aux conditions du local concerné, que ce soit au niveau hygrométrie, isolation thermique ou phonique, degré coupe-feu, etc.

C - Pose

Avant tout début de mise en place, le titulaire procédera au traçage complet des lignes d'implantation des suspentes et en obtiendra l'accord du Maître d'Ouvrage.

4.1.4.3. Système de Refroidissement ou climatisation

Le système de refroidissement sera à définir conjointement avec la Direction du Numérique. Il dépendra de la charge thermique du local et de sa criticité. La solution technique ou technologie à employer, sera étudié en amont pour être peu énergivore, Ecoresponsable et innovante.

Le système sera dédié et spécifique au domaine informatique (Pas de « split system confort»). Il sera au minimum redondant N+1. Il devra obligatoirement être manageable en IP protocole SNMP et posséder un serveur web embarqué. Ceci afin de s'intégrer dans les superviseurs de l'URCA (MIB SNMP).

Le bloc intérieur ne devra pas être installé au-dessus des baies.

La solution de refroidissement sera dimensionnée en fonction des équipements installés dans le local :

Nombre de switch 24 ports	Dissipation thermique en Btu/h
1	350 – 550
2	700 – 1100
3	1050 – 1650
4	1400 – 2200
5	1750 – 2750
6	2100 – 3300
7	2450 – 3850
8	2800 – 4400
9	3150 – 4950
10	3500 – 5500
11	3850 – 6050
12	4200 – 6600
13	4550 – 7150
14	4900 – 7700
15	5250 – 8250
16	5600 – 8800
17	5950 – 9350
18	6300 – 9900
19	6650 – 10450
20	7000 – 11000

En fonction du type d'équipement mis en œuvre et de la configuration des flux d'airs échangés, une création d'un local technique, une étude particulière du système de refroidissement devra permettre de proposer la solution à mettre en

œuvre. Les objectifs de la solution devront être la consommation énergétique, et la supervision de ces équipements.

4.1.4.4. *Electricité*

L'alimentation électrique du local sera effectuée depuis le tableau électrique d'étage. La puissance électrique sera calculée en fonction des équipements installés dans le local :

Nombre de switch 24 ports	Electricité en KVA
1	0,5 – 0,6
2	1,0 – 1,2
3	1,5 – 1,8
4	2,0 – 2,4
5	2,5 – 3,0
6	3,0 – 3,6
7	3,5 – 4,2
8	4,0 – 4,8
9	4,5 – 5,4
10	5,0 – 6,0
11	5,5 – 6,6
12	6,0 – 7,2
13	6,5 – 7,8
14	7,0 – 8,4
15	7,5 – 9,0
16	8,0 – 9,6
17	8,5 – 10,2
18	9,0 – 10,8
19	9,5 – 11,4
20	10,0 – 12,0

4.2. Les baies

4.2.1. Caractéristiques

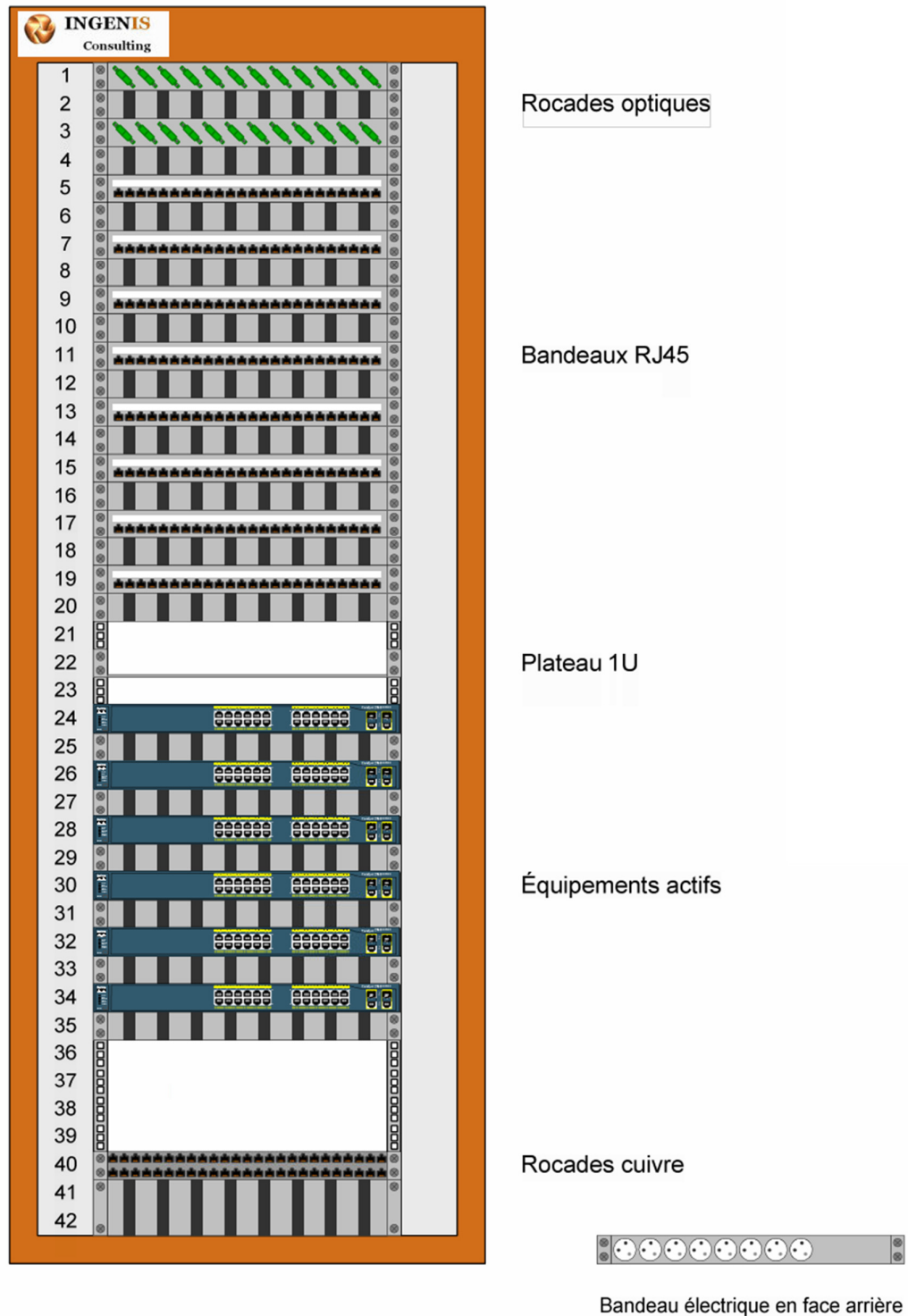
Les baies posséderont les dimensions suivantes : 750 x 1000, 42 U de hauteur. Elles devront être surélevées d'environ 10 cm sur vérins.

Les baies seront toutes du même fournisseur et de la même ligne de produits, elles seront équipées de :

- ✿ Panneaux latéraux amovibles, fixations (démontage) intérieures à la baie,
- ✿ Une face supérieure équipée d'une grille d'extraction d'air ou d'ouïes latérales d'aération,
- ✿ 2 Montants 19" à l'avant et à l'arrière. Les montants 19" avant seront reculés d'au moins 20 cm, afin de permettre le passage des cordons de brassage entre les baies,
- ✿ Un chemin de câbles largeur 300 mm, de type dalle marine, fixés de chaque côté des baies entre les montants 19" et les panneaux latéraux (l'arrivée des câbles sera réalisée en chemin de câbles de type dalle marine,
- ✿ Un plateau fixé à l'avant et à l'arrière de la baie, permettant la pose éventuelle de matériels ou d'équipements non « rackables »,
- ✿ Un bornier isolé de reprise des conducteurs de masse 4mm², arrivant des panneaux de brassage, et permettant une sortie vers la barrette à coupure située dans le local,
- ✿ Une porte avant perforée fermant à clé (définir le numéro de clé avec la **"DN"**),
- ✿ Un panneau arrière perforé fermant à clé également (définir le numéro de clé avec le **"DN"**),
- ✿ Quatre vérins réglables en hauteur (environ 10 cm),
- ✿ Deux arrivées IEC 309 en 16 A afin de permettre le raccordement de PDU. En présence d'un réseau ondulé, les deux arrivées seront raccordées à celui-ci. LA protection 16A 30 mA sera rétabli.
- ✿ Un raccordement "standard" (16A, 30mA) alimentant au sein de chaque baie, une prise banalisée (pour les opérations de maintenance...),
- ✿ De panneaux (horizontaux) "guide cordon" permettant le brassage harmonieux des jarretières optiques et des jarretières cuivre en face avant.
- ✿ De lyres (métalliques) fixées sur les montants 19" (six de chaque côté, dimension minimum 100x60) pour faciliter le cheminement vertical des jarretières de brassage.
- ✿ Un lot de cent vis et écrous cage à laisser à disposition du client.

Chaque baie permettra de desservir au maximum 192 prises RJ45.

4.2.2. Exemple de répartition dans les baies



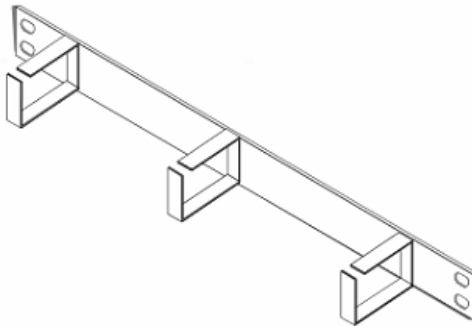
4.3. Les liens cuivre

Les caractéristiques techniques du câblage VDI à déployer devront être définies dans le CCTP.

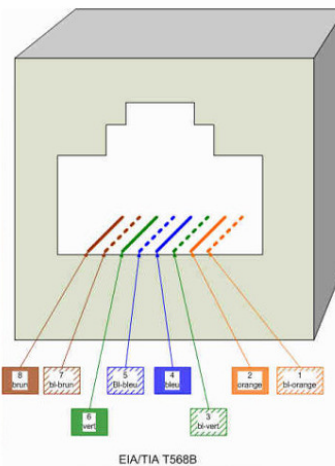
4.3.1. Les répartiteurs cuivre

La répartition cuivre s'effectuera à l'aide de panneaux de brassage, 19", U/FTP, catégorie 6A à 24 ports RJ45 en face avant (24 ports sur 1 U). Le connecteur RJ45 utilisé au sein du répartiteur sera obligatoirement blindé à 360°.

Pour chaque ensemble (1x24), il faudra adjoindre, en dessous, un guide cordon de 1U permettant le rangement de tous les cordons RJ45/RJ45 de brassage (voir exemple ci-dessous).



Chaque câble sera raccordé en face arrière des panneaux 19". L'affectation des paires de chaque câble sera réalisée selon le schéma de câblage EIA/TIA 568B (Voir ci-dessous)



1 : Blanc – Orange	5 : Blanc – Bleu
2 : Orange	6 : Vert
3 : Blanc Vert	7 : Blanc – Marron
4 : Bleu	8 : Marron

Une attention particulière sera apportée pour le dépairage des câbles en vue d'être connectés. Nous rappelons que la norme spécifie une longueur de dépairage inférieure à **12.5 mm**. Si ceci n'est pas respecté, **la connectique sera donc à refaire**.

4.3.2. Les connecteurs

Chaque chaîne de liaison sera composée de deux connecteurs répondant aux spécifications suivantes :

- ✪ Catégorie 6A, classe Ea
- ✪ Standard RJ45,
- ✪ 9 points (8 paires et reprise de masse du câble VDI),
- ✪ Blindé 360°,
- ✪ Conforme aux normes ISO 11801 ed2.0/Amd1&Amd2 et EN 50173,
- ✪ Le raccordement de chaque prise se fera selon le schéma de câblage EIA/TIA 568B.

4.3.3. Les câbles de distribution

Chaque chaîne de liaison sera raccordée sur un câble dont les caractéristiques sont les suivantes :

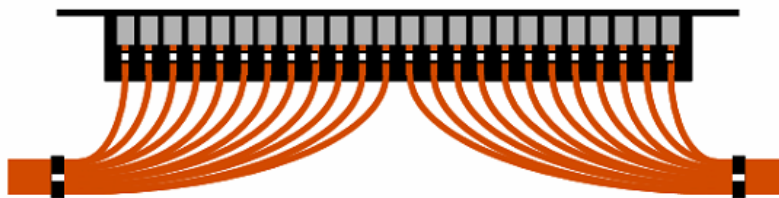
- ✪ 4 paires,
- ✪ Ecranté U/FTP ou F/FTP (Les câbles de Type F/UTP sont proscrits),
- ✪ LSZH, (Faible dégagement de fumée, Sans halogène),
- ✪ RoSH (Directive concernant la non-utilisation de composant nocif),
- ✪ Catégorie 6A, classe Ea
- ✪ 24 AWG de jauge minimum,
- ✪ Conforme aux normes ISO 11801 ed2.0/Amd1&Amd2 et EN 50173,
- ✪ Le raccordement de chaque prise se fera selon le schéma de câblage EIA/TIA 568B.

4.3.4. Raccordement des câbles dans les baies

Tous les câbles 4 paires écrantés seront raccordés en face arrière des panneaux 24 prises RJ45 blindées catégorie 6A.

Pour éviter les tractions et limiter les risques d'arrachement, les câbles seront maintenus par des colliers Nylon ou velcro. Les câbles seront regroupés en faisceau et maintenus sur les panneaux 19" par des éléments constructeurs adaptés, et dans les chemins de câbles fixés latéralement dans le châssis 19 pouces.

Le flux de câbles sera divisé en deux et remontera sur des chemins de câbles de chaque côté du châssis 19 pouces. L'entreprise prendra un soin particulier au peignage des torons de câbles.



Le
raccordement de chaque prise se fera selon le schéma de câblage EIA/TIA 568B.

En fonction de l'emplacement des prises, de la dimension et de la nature des supports et conduits, le câble installé peut être de type 4 paires ou 2x4 paires (**pas de 3x4 paires**). Les câbles ne dépassent pas 90 mètres de longueur installée, finie.

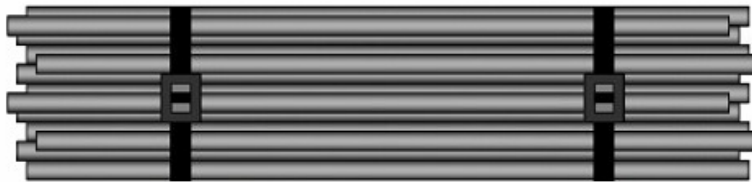
4.3.5. Pose des câbles sur les chemins de câbles

Les câbles doivent être posés et non tirés. Ils doivent être identifiés aux deux extrémités à l'aide d'un feutre à encre indélébile ou par des rubans pré imprimés. Les câbles ne doivent pas être coupés entre la baie de répartition et les prises RJ45 dans les bureaux. Les épissures sont interdites, quel que soit le type de la liaison (4 paires ou multipaires).

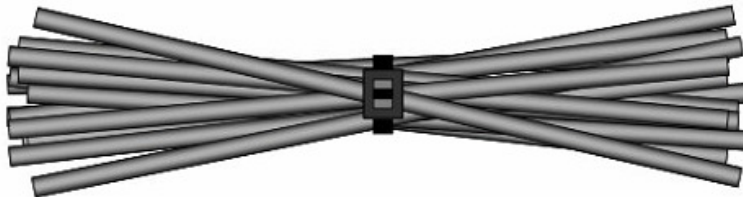
Les câbles seront placés côte à côte sans se chevaucher. Les rayons de courbure des chemins de câbles doivent être supérieurs à 20 cm. Les câbles devront toujours reposer sur les parties métalliques ne présentant pas d'arêtes vives (le joint de carrossier pourra être utilisé). Les extrémités des chemins de câbles seront alors repliées ou protégées par des manchons plastiques (indémontables) adaptés au nombre de câbles à protéger.

Quel que soit le type de chemin de câbles, les câbles (de la distribution verticale et horizontale) seront fixés sans serrage par des colliers plastiques, tous les deux mètres en cheminement horizontal et tous les mètres en cheminement vertical. Le serrage sera réalisé manuellement (la "tête" du collier doit pouvoir être légèrement déplacée après serrage).

Oui



Non

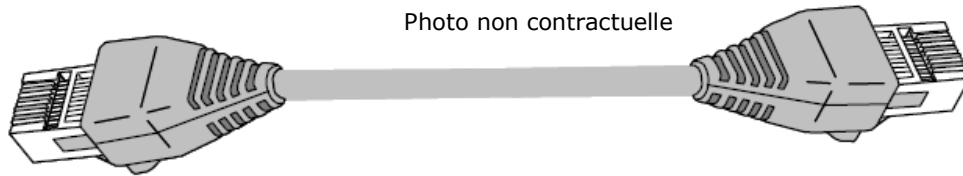


4.3.6. Pose des câbles dans les goulottes et boîtiers

Les rayons de courbure doivent être supérieurs à 8 fois le diamètre du câble (sauf indication contraire du constructeur). Les câbles ne devront jamais être pliés. Aucune réserve de câble (ou lovage) ne doit être laissée à l'intérieur d'une goulotte ou d'un boîtier. Le dégainage du câble ne devra pas être augmenté sous prétexte que le rayon de courbure ne peut pas être respecté. Il convient de choisir le support en tenant compte de toutes les contraintes.

4.3.7. Les cordons de brassage

Dans le but de faciliter les modifications de l'installation initiale, les cordons 4 paires RJ45 mâle-RJ45 mâle seront tous identiques.



Tant pour le brassage que pour les raccordements, il sera prévu un parc proportionnel au nombre de prises installées.

Les caractéristiques des cordons sont les suivantes :

- ✿ 4 paires,
- ✿ Ecranté U/FTP ou F/FTP (Les câbles de Type F/UTP sont proscrits),
- ✿ LSZH, (Faible dégagement de fumée, Sans halogène),
- ✿ RoSH (Directive concernant la non-utilisation de composant nocif),
- ✿ Catégorie 6A,
- ✿ **Longueur inscrite sur le connecteur,**
- ✿ **Présence d'une fibre optique dans les connecteurs pour le repérage des cordons,**
- ✿ Possibilité de faire l'installation d'un clip de repérage.

4.4. Les rocares optiques

4.4.1. Les câbles optiques monomode

Le câblage optique doit être mis en place pour assurer les liaisons de distribution fédératrices entre les locaux techniques des différents bâtiments.

Le câblage optique sera obligatoirement précisé et validé par la DN. En fonction des cheminements. Une protection mécanique renforcée sera demandée basée sur ce critère.

Les câbles optiques auront les caractéristiques principales suivantes :

- ☉ Tubée libre,
- ☉ Etanchéité longitudinale, (gel hydrofuge ou ruban gonflant),
- ☉ Etanchéité radiale, (gel hydrofuge),
- ☉ Câble parfaitement diélectrique : pas de structure métallique...
- ☉ Bonne résistance à la traction et à la compression,
- ☉ Bonne protection mécanique (rongeur, écrasement),
- ☉ **Gaine extérieure de couleur vive, pas de noir (confusion avec du RO2V),**
- ☉ LSZH (Faible dégagement de fumée, Sans halogène),
- ☉ RoSH (Directive concernant la non-utilisation de composant nocif),
- ☉ Marquage : repère métrique tous les mètres.
- ☉ Normes de référence :
 - ☉ Etanchéité : CEI-794-1-F5,
 - ☉ Résistance à traction : CEI-794-1-E1,
 - ☉ Ecrasement : CEI-794-1-E3,
 - ☉ Torsion : CEI-794-1-E7,
 - ☉ Rayon de courbure : CEI-794-1-E10,
- ☉ Température de tirage : -10 à 50 °C.
- ☉ Température de service : -20 à 60 °C.

Quel que soit le type de câble utilisé, les rayons de courbure fournis dans les fiches constructeurs devront être respectés (rayon de courbure statique et dynamique).

Le Titulaire devra prévoir un lovage de 10 mètres dans les locaux techniques et 2 mètres dans les chambres de tirage.

Les fibres monomode seront conformes à la recommandation ITU-T G. 652.

Les paramètres principaux requis sont :

Attribut des fibres		
Attribut	Détail	Valeur
Diamètre du champ de mode	Longueur d'onde	1310 nm
	Place des valeurs nominales	8,6 μm à 9,5 μm
	Tolérance	$\pm 0,6 \%$
Diamètre de gaine	Nominal	125,0 μm
	Tolérance	$\pm 1 \mu\text{m}$
Erreur de concentricité du cœur	Maximum	0,6 μm
Non-circularité de gaine	Maximum	1,0%
Longueur d'onde de coupure du câble	Maximum	1260 nm
Perte par macrocourbure	Rayon	30 mm
	Nombre de tours	100
	Maximum à 1550 nm	0,1 dB
Limite d'allongement	Minimum	0,69 GPa
Coefficient de dispersion chromatique	$\lambda_{0\text{min}}$	1300 nm
	$\lambda_{0\text{max}}$	1324 nm
	$S_{0\text{max}}$	0,092 ps/nm ² x km
Attributs de câble		
Attribut	Détail	Valeur
Coefficient d'atténuation	Maximum à 1310 nm	0,5 dB/km
	Maximum à 1550 nm	0,4 dB/km
Coefficient de dispersion modale de polarisation	M	20 câbles
	Q	0,01%
	Maximum PMD _Q	0,5 ps / $\sqrt{\text{km}}$

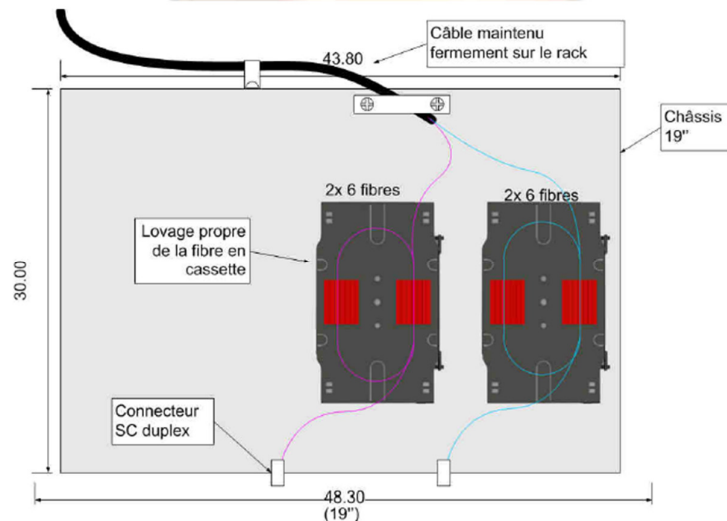
Chaque câble sera composé de 24 brins minimum.

4.4.2. Les tiroirs optiques

Dans les locaux techniques, les fibres seront raccordées aux extrémités par l'intermédiaire de tiroirs optiques (19 pouces) intégrés dans les baies. Les tiroirs optiques seront montés sur glissière.

Les tiroirs optiques auront les caractéristiques principales suivantes :

- ✿ Panneaux 19" 1U dotés de traversées SC/SC avec une excellente tenue mécanique,
- ✿ Traversées de type SC/SC métallique avec bague de centrage céramique, fermement fixé au tiroir,
- ✿ Cassettes d'épissurage (distribution/lovage) : 6 paires par cassette,
- ✿ 24 ports permettant d'accueillir les connecteurs SC/APC,
- ✿ Grande facilité d'intervention sur une fibre à l'arrière du panneau (-i.e.- un connecteur cassé à terme par exemple),
- ✿ Excellent maintien du câble (le câble ne doit plus bouger une fois les fibres raccordées).



Les traversées de cloison SC doivent être fermement fixées sur le châssis.

Le répartiteur optique doit être de forme modulaire pour prendre en compte :

- ✿ la connectique,
- ✿ l'épanouissement des fibres,
- ✿ les raccordements des fibres,
- ✿ le brassage des fibres,
- ✿ l'épissure des fibres.

Il doit permettre d'assurer différentes fonctions d'exploitation et de maintenance, telles que :

- ✿ l'aboutement de toute fibre d'un câble sur toute fibre d'un autre câble (jarretière de raccordement),
- ✿ la création, suppression ou mutation d'une liaison sans altérer les autres supports optiques,

- ✿ l'intervention sur un connecteur d'une tête de câble sans interrompre les autres liaisons de cette tête de câble,
- ✿ le brassage des fibres, le stockage des surlongueurs de jonc (ou de tube) et de fibre en respectant les rayons de courbure et les « mous » nécessaires aux modifications, en cas de tension ou rupture des connecteurs.

4.4.3. Les connecteurs

Les caractéristiques des connecteurs sont impérativement les suivantes :

- ✿ Connecteurs monomodes de type SC/APC (vert),
- ✿ Technologie « pigtail »,
- ✿ traversées de type SC/SC métallique avec bague de centrage céramique,
- ✿ Perte d'insertion inférieure à 0,3 dB.



4.5. Les rocadés cuivre

Les rocadés cuivre auront les caractéristiques principales suivantes :

- ✿ Multipaires torsadées par paires,
- ✿ Ecrantés,
- ✿ Diamètre conducteur : 6/10,
- ✿ LSZH, (Faible dégagement de fumée, Sans halogène)
- ✿ RoSH (Directive concernant la non-utilisation de composant nocif)

Le dimensionnement sera effectué en fonction du potentiel téléphonique (nombre de postes envisagés) et/ou vidéo analogique (éventuellement) de la zone, surdimensionné de 30% au minimum. Ces rocadés cuivre seront systématiquement raccordés avec 1 paire (contacts 4/5) pour partie et 2 paires (contacts 3/6 et 4/5) pour le reste des paires selon le tableau ci-dessous :

Câble	Nbs de prises câblées en 2 fils (1 paire)	Nbs de prises câblées en 4 fils (2 paires)
Câble de 28 paires	20	4
Câble 56 paires	40	8
Câble 112 paires	80	16

Les rocadés cuivre seront raccordés sur des panneaux 50 RJ45 sur 1U.

Pour chaque panneau 50 RJ45, il faudra adjoindre un guide cordons 2U.

4.6. Les cheminements

4.6.1. Règles d'implantation

Les cheminements principaux horizontaux et verticaux seront réalisés avec des chemins de câbles "dalle marine" en priorité à chaque fois que cela sera possible.

Les chemins de câbles seront prioritairement dissimulés dans les faux plafonds ou habillés avec un caisson bois équipé d'un couvercle vissé et facilement démontable. Les caissons bois seront peints (couleur à valider lors des travaux).

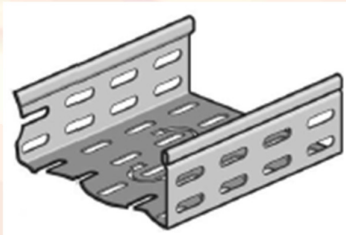
Les dérivations des câbles issus des cheminements principaux seront réalisées avec :

- Des tubes IRO ou gaine ICT fixés aux parois (mur, cloisons, ou plafond) dans les parties cachées (faux plafond par exemple),
- Des goulottes de couleur blanche dans les parties visibles.

Dans tous les cas, l'esthétique sera un point à privilégier.

4.6.2. Les chemins de câbles

Il sera impérativement mis en place des chemins de câble métallique galvanisé ajouré de type "dalle marine" à bords non coupants pour tous les cheminements horizontaux ou verticaux dans les faux plafonds, gaines et galeries techniques, dimensionnés pour une extension d'au moins 40% des câblages.

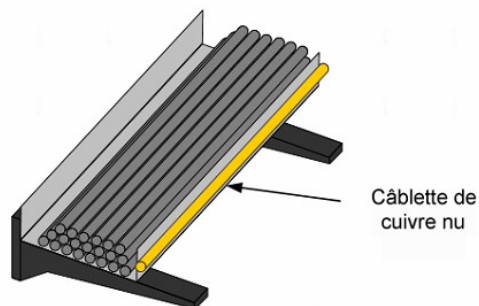


Le chemin de câble sera fixé dans les règles de l'art tous les deux mètres au plus. (Fixations à multiplier si le poids de l'ensemble des câbles le nécessite - ne pas oublier les extensions possibles).

Les chemins de câbles devront être raccordés correctement à la terre générale des masses du bâtiment. Toutes les dalles seront éclissées au moyen des raccords spéciaux prévus par les fabricants (pas de collier de type rilsan).

De plus, on les doublera d'un conducteur de terre, non isolé, de forte section (25 mm²).

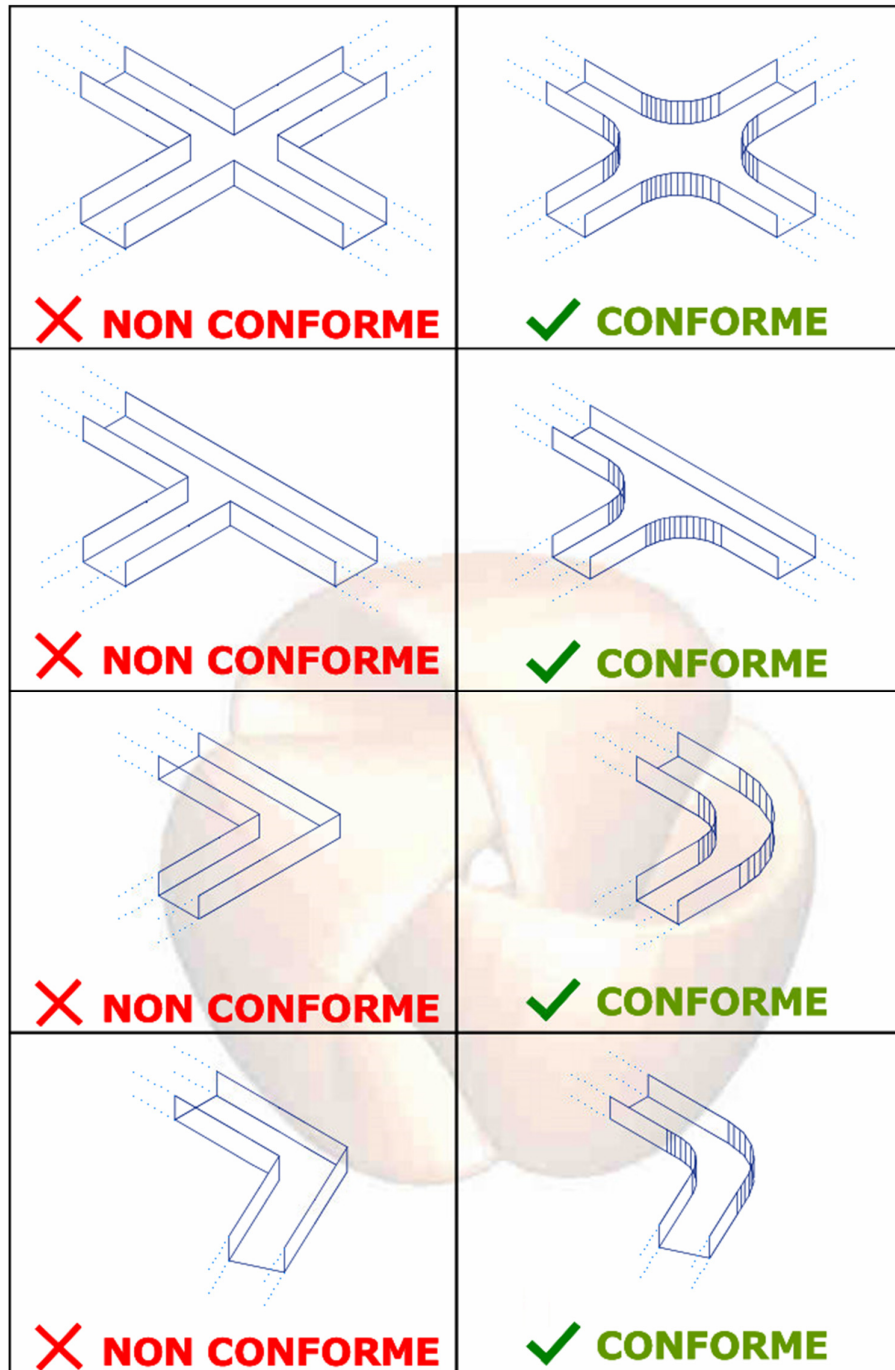
Ce conducteur sera raccordé par bornier sans coupure aux dalles du chemin de câbles (deux connexions par dalle). Si deux chemins de câbles cheminent en parallèle dans un même côté du couloir, ils seront mécaniquement liés ensemble tous les deux mètres, au niveau des supports, afin d'éviter de créer une boucle électrique entre les deux supports (problèmes de foudre).



Les chemins de câbles seront de même marque et de référence identique pour tout le chantier.

Les angles seront soigneusement réalisés (voir schéma ci-dessous). Ils seront obligatoirement à fournir par le constructeur de chemin de câble. Une dérogation pourra être obtenue après validation du Responsable Réseau et Télécom de la DN

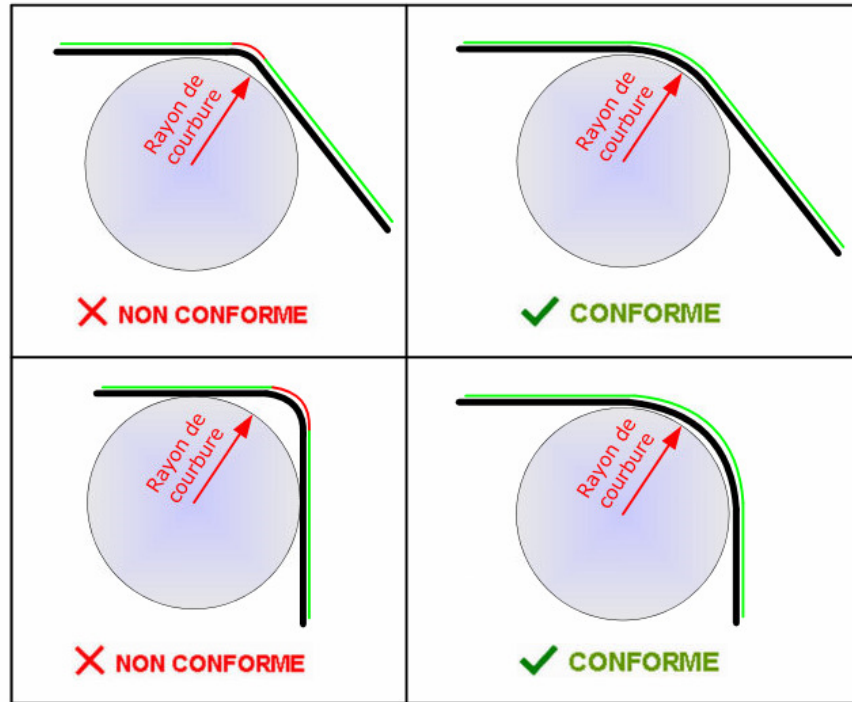
En plus du support mécanique, les chemins de câbles participeront à la protection des câbles contre les champs électromagnétiques et limiteront le rayonnement des réseaux. Leur cheminement tiendra compte des perturbations électromagnétiques, et particulièrement avec les chemins de câbles courants forts existants et des tubes fluorescents (50 cm minimum des starters).



Lors de changement de niveau, il est important que les angles du chemin de câble respectent le rayon de courbure du câble qu'il va héberger. Pour cela, il est impératif que ces angles soient réalisés de manière à disposer d'un rayon correspondant au minimum à 8 fois le diamètre du câble qu'ils accueillent.

Nous préconisons toutefois d'utiliser un coefficient de 10 (Exemple : Pour un câble de diamètre 8 mm, le rayon de courbure se situe entre 64 mm et 80 mm).

Nous présentons sur les schémas suivant la bonne mise en œuvre. (En noir le fond du chemin de câble, en vert le câble courant faible catégorie 6A).



Les chemins de câbles peuvent être fixés en respectant l'un des montages suivants :

- ☉ le pendard avec fixation au plafond,
- ☉ Le pendard avec fixation au mur,
- ☉ les tiges filetées,
- ☉ la remontée verticale.
- ☉ équerre constructeur

Ce choix est réalisé en tenant compte de l'encombrement, de la place disponible sous les faux plafonds, du poids de l'ensemble et des supports existants.

Remarque :

La présence de chemins de câbles, de poutres, de gaines de ventilation et de tuyaux dans les faux plafonds, oblige à sectionner les chemins de câbles en tronçons.

Dans ce cas, ils sont arrêtés de part et d'autre de l'obstacle. Les arêtes vives et tranchantes sont protégées. Les câbles sont alors posés, en nappe, au-dessous ou au-dessus de l'obstacle, suivant le cas. Les contacts directs entre les câbles et la structure du bâtiment sont interdits. Une protection sera obligatoire (gaine, tube, etc.).

La continuité électrique des différents tronçons (mise à la terre) est obligatoire et doit être réalisée par la mise en place d'une câblette de cuivre nu d'une section de 25 mm² minimum.

Les câbles seront posés et non tirés sur les chemins de câbles. Tous les accessoires (éclisse, gousset, montant, console, etc.) définis par le constructeur doivent être utilisés. La fixation des chemins de câbles doit tenir compte de la charge maximale (100% de remplissage). Le nombre de supports et de fixations sera choisi en conséquence, en tenant compte également de la structure des cloisons ou des murs qui les reçoivent.

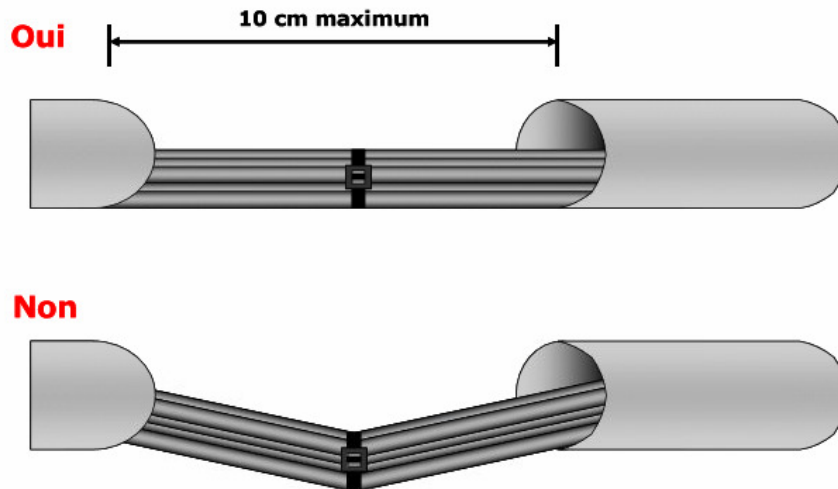
Lorsque le chemin de câbles traverse un mur, une cloison ou une dalle coupe-feu étanche, il doit être arrêté de part et d'autre. Le degré coupe-feu, phonique ou étanchéité à l'air doit être rétablie suivant les normes de sécurité et acoustique en vigueur **avec les matériaux adaptés**.

Toutes les cloisons traversées par des torons de câbles doivent être également rebouchées au plâtre. Les câbles sont protégés dans des fourreaux suffisamment dimensionnés.

4.6.3. Les tubes IRO

Il sera impérativement installé des tubes IRO diamètre 32 mm au minimum en prenant en compte la règle des 30% au minimum de réserve à respecter. Ce tube sera "coupé" tous les 3 mètres environ (sur 10 cm environ) afin de permettre le passage ultérieur d'un nouveau câble.

Les tubes ne seront pas trop espacés afin d'éviter que les câbles "pendent" entre deux tubes. De même, aucun coude n'est à placer afin de faciliter la mise en place des câbles.



Le tube IRO sera fixé dans les règles de l'art tous les 60 cm au moins afin que celui-ci ne se torde pas. Il sera impérativement fixé sous la dalle avec des accessoires de fixation prévus à cet effet.

Il est interdit au soumissionnaire de fixer le tube après les supports de fixation des faux plafonds ou des dalles néons. L'utilisation de câble métallique pour suspendre les tubes est interdite.

4.6.4. Les gaines ICT

Il sera impérativement installé des gaines ICT diamètre 32 mm au minimum en prenant en compte la règle des 30% au minimum de réserve à respecter.



La gaine ICT sera fixée dans les règles de l'art tous les 60 cm au moins afin que celui-ci ne se torde pas. Elle sera impérativement fixée sous la dalle avec des accessoires de fixation prévus à cet effet.

Il est interdit au soumissionnaire de fixer la gaine après les supports de fixation des faux plafonds ou des dalles néons.

4.6.5. Règles de cheminement dans les faux plafonds

Dans les salles de moyenne dimension, c'est-à-dire comprenant moins de 6 câbles, les câbles seront fixés dans des gaines ICT ou tube IRO.

Ces câbles ne devront en aucun cas être fixés aux supports secondaires des faux plafonds, mais sur la maçonnerie.

Dans les salles ayant plus de 6 câbles, les câbles seront posés dans un chemin câbles à installer.

4.6.6. Les goulottes

Pour la distribution dans les pièces, une goulotte blanche 3 compartiments (avec coudes et raccords du constructeur) de taille minimale 140 x 50 mm est demandée. Ces supports seront **surdimensionnés d'au moins 30%** pour permettre d'éventuelles extensions.

Les goulottes seront mises en œuvre de telle manière qu'aucun câble ne reste apparent. Il est rappelé au Titulaire, que toutes les goulottes installées sur le chantier seront toutes du même constructeur (coudes et raccords compris). Afin de cacher les défauts (papier, peinture, moquette...), les nouvelles goulottes seront légèrement plus larges et plus hautes que celles existantes.

La hauteur et le positionnement des goulottes seront validés par le maître d'œuvre (pas d'installation en plinthe).

4.6.7. La mise à la Terre

4.6.7.1. Raccordement des câbles capillaires

Du côté du poste de travail ou du répartiteur, le câble 4 paires U/FTP est raccordé sur une prise RJ45. Dans le but de conserver les caractéristiques et les performances de la liaison, on dénude et on dépaire le câble au minimum (**12,5 mm** maxi de dépaillage et **45 mm** maxi de dégainage).

Tous les drains des câbles 4 paires U/FTP seront raccordés à la terre (drain le plus court possible) et au blindage de la prise RJ45 (reprise à 360°).

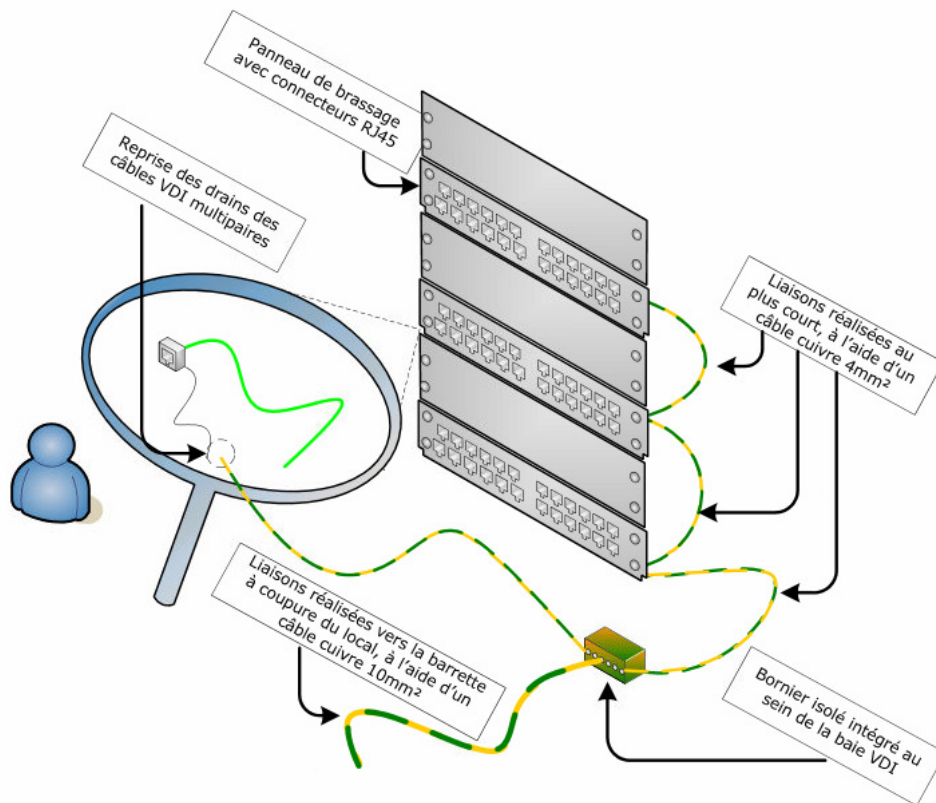
Dans la baie, les câbles écrantés 4 paires U/FTP sont guidés et maintenus le long des châssis 19 pouces, puis guidés et supportés, à l'arrière des panneaux avant d'être raccordés.

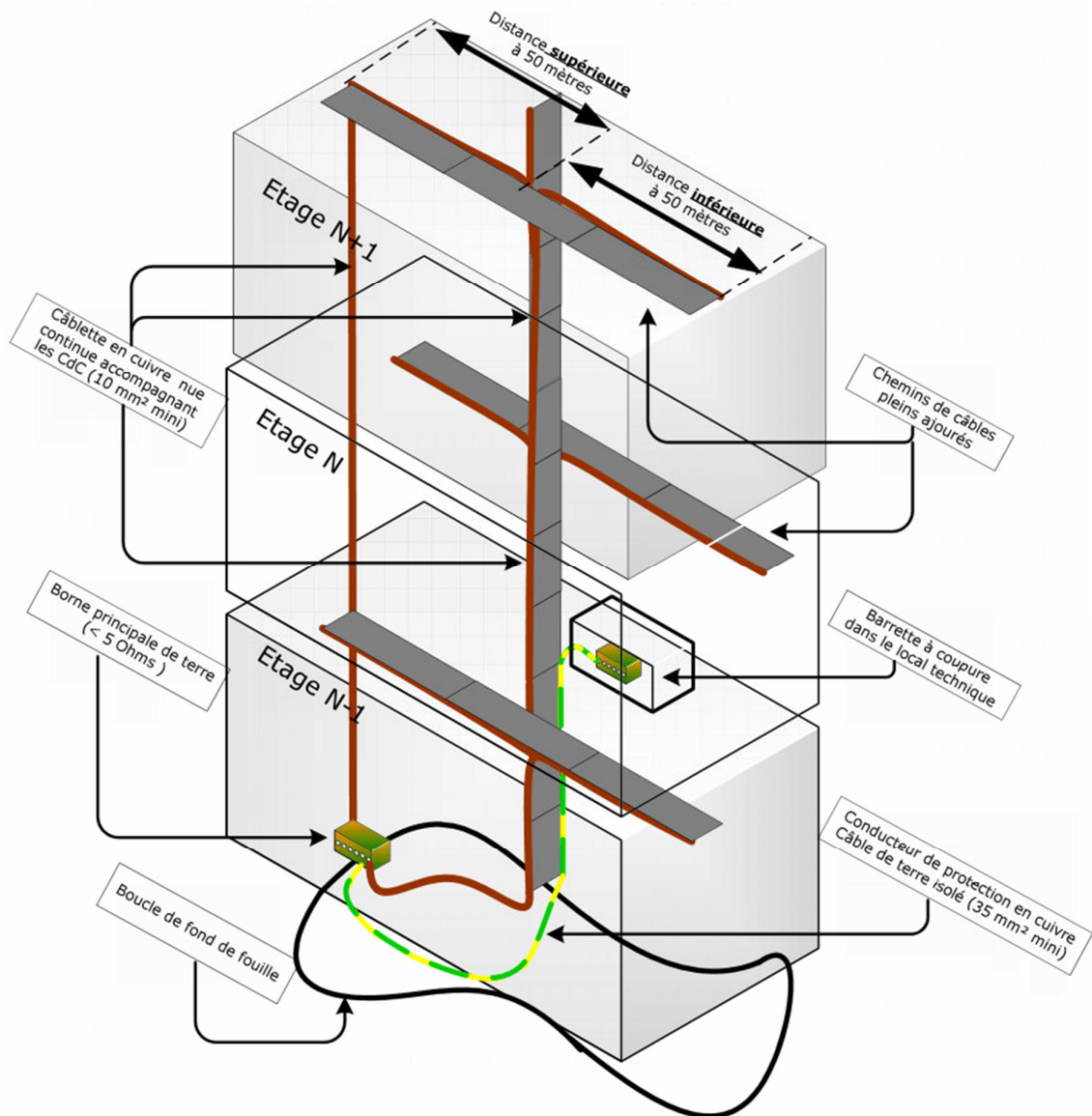
4.6.7.2. Raccordement des drains et mises à la terre

Le drain de masse ne devra en aucun cas dépasser du système de la reprise du drain par le connecteur, et ce pour éviter les effets d'antenne. Bien évidemment, il faudra s'assurer de la continuité de drain jusqu'aux châssis des équipements réseau connectés...

Les panneaux de brassage posséderont des kits de masse à chacune de leur extrémité. Ceux-ci seront donc interconnectés les uns aux autres verticalement, par un conducteur V/J de section 4mm², jusqu'au bornier isolé fixé en pied de baie.

De ce kit de masse, il sera prévu un câble V/J de section 10mm² jusqu'à la barrette de coupure du local technique.





4.6.8. Equipotentialité

Le Titulaire assurera la mise en équipotentialité de toutes les masses métalliques installées et leur raccordement à la prise de terre, dont la qualité sera validée par ses soins.

4.7. Recommandations de mise en œuvre CEM

4.7.1. Préambule

La réussite d'un précâblage n'est pas seulement liée au choix des composants, elle est également associée au respect de certaines règles qu'il ne faut pas contourner ou négliger :

- ✿ le respect des contraintes d'environnement,
- ✿ une mise à la terre rigoureuse et organisée,
- ✿ la pose des câbles sans contrainte,
- ✿ des raccordements réalisés suivant les règles de l'art.

4.7.2. Contraintes d'environnement

Pour garantir le fonctionnement de réseaux à haut débit, il est indispensable de respecter les contraintes d'environnement propres au bâtiment à précâbler.

La perturbation des données transmises sur le câblage d'un établissement a pour origine les champs électromagnétiques ou électriques émis volontairement ou non. Ces champs "parasites" induisent sur les lignes des signaux plus ou moins importants qui modifient les signaux transmis.

Les principales sources de champs "parasites" que l'on rencontre dans un bâtiment sont :

- ✿ les tubes fluorescents avec leurs starters, électroniques ou non,
- ✿ les moteurs électriques qui s'encrassent et s'usent,
- ✿ les ascenseurs et les monte-charges (machinerie),
- ✿ les postes de transformation secteur, car les énergies mises en cause sont importantes,
- ✿ les appareils électroniques dont les parasites rayonnés sont dus principalement aux horloges et aux alimentations à découpage,
- ✿ les liaisons Hautes Fréquence sont particulièrement sensibles à ces parasites,
- ✿ le blindage des câbles n'est pas suffisant pour garantir une immunité complète à l'environnement. Son efficacité dépendra de sa mise à la terre et à la nature du support sur lequel il repose.

La solution la plus efficace et la moins onéreuse consiste à s'éloigner des "sources de perturbation".

4.7.3. Règles de distribution

Le réseau de distribution secteur est presque toujours porteur de parasites hautes fréquences générés par les matériels alimentés par lui et qui peuvent se dégrader au cours du temps.

Dans un immeuble, on trouve deux types de distribution :

- ☛ les couloirs pour la circulation des rocares et des câbles 4 paires,
- ☛ les bureaux pour la distribution des câbles 4 paires.

Les règles de distances sont dictées par les phénomènes suivants :

- ☛ Une proximité trop importante des courants forts expose les réseaux informatiques aux perturbations électromagnétiques reçues.

Les intersections pourront se faire à niveau et de préférence à 90°. **Dans les bureaux**, les cheminements respecteront le tableau de valeurs fourni ci-après.

Lorsque ces câbles cheminent dans un même conduit (moulure, goulotte) celui-ci doit contenir obligatoirement 2 cloisons de séparation. Les compartiments ainsi constitués permettent et garantissent la séparation des câbles. La largeur du compartiment central vide, est dimensionnée par rapport à la longueur du cheminement parallèle entre les câbles courants forts et les câbles courants faibles.

Cette règle s'applique également lorsque de nouveaux conduits sont installés au-dessus ou à côté d'anciens conduits.

Pour limiter le dimensionnement des goulottes, moulures et plinthes, il faut adopter des solutions permettant de réduire les longueurs de cheminement parallèle.

Longueur du cheminement parallèle	Séparation à respecter
Quelques cm (croisement)	0,5 à 1 cm
Jusqu'à 1 m	1 à 2 cm
2 m	2 cm
5 m	4 cm
10 m	7 cm
15 m	12 cm
20 m	15 cm
Au-delà de 20 m	30 cm

4.7.4. Installations perturbatrices

Les tubes fluorescents et les lampes basse tension :

Les chemins de câbles, les groupes de câbles et les câbles isolés éviteront les tubes fluorescents ou les transformateurs alimentant les lampes basse tension d'au moins 50 cm.

Cette règle s'applique sur les tubes fluorescents d'ancienne ou de nouvelle génération.

Les tubes équipés de starters électroniques ne dérogent pas cette règle. Si de façon exceptionnelle ces contraintes ne peuvent être respectées, on utilisera un blindage étanche pour protéger les câbles.

Les moteurs électriques :

La distance de séparation sera fonction de la puissance de ces moteurs : de l'ordre de 50 cm pour les moteurs de puissance inférieure à 3 kVA comme les moteurs de stores ou ceux des ventilo-convecteurs et, de l'ordre de trois mètres pour les moteurs de puissance supérieure à 3 kVA par exemple les machineries d'ascenseur.

Dans la mesure où l'on ne saurait pas respecter cette distance. Il faudra utiliser des chemins de câbles capotés en tôle pleine ou des fourreaux en fer qui devront être mis à la terre générale des masses de l'immeuble.

Les postes de transformation secteur :

Les câbles courants faibles passeront à 5 mètres au minimum des postes de transformation et du TGBT qui l'accompagne.

En cas de problème rencontré (matériel très perturbant), des mesures de champs doivent être réalisées.

4.8. Le génie civil (VRD)

4.8.1. Génie civil traditionnel

4.8.1.1. Préambule

Nous entendons par génie civil traditionnel toute réalisation de tranchée et canalisations à l'aide engins mécanisés de type tractopelle, mini-pelle, etc...

Ces infrastructures pourront être réalisées :

- ☛ Sous chaussées,
- ☛ Sous trottoirs,
- ☛ Sous accotements,
- ☛ En terre végétale,
- ☛ Etc.

4.8.1.2. Sondages préalables

Dans les zones où la réalisation de tranchées est nécessaire, le titulaire devra **impérativement** réaliser tous les sondages et les piquetages de repérage nécessaires à la définition du cheminement des fourreaux à installer.

4.8.1.3. Réalisation des tranchées

La réalisation des tranchées se fera obligatoirement après **sciage** net des chaussées ou trottoirs. Celui-ci sera effectué à 10 cm de chaque côté de la tranchée.

Les déblais seront évacués ou recyclés dans les sites prévus à cet effet. (Matériaux bitumineux et à base de liant hydraulique).

Si l'encombrement du sous-sol le permet, la tranchée sera impérativement réalisée en dehors des bandes de roulement.

4.8.1.4. Pose et repérage des fourreaux

A - Description

Il est prévu la fourniture et la pose de 3 fourreaux PEHD de diamètre extérieur 32 millimètres, épaisseur 2,5mm. et d'un fourreau de faible dimension avec fil conducteur pour rendre possible à terme la supervision des réseaux.

Ces fourreaux seront placés, à 80 cm (quatre-vingts centimètres) sous chaussée et 60 cm (soixante centimètres) sous trottoir.

Les fourreaux mis en place seront repérés à chaque extrémité et dans chacune des chambres de tirage de manière facilement lisible, reconnaissable, indélébile et durable dans le temps.

Les fourreaux seront posés sur une forme en sable 0/5 et enrobés du même matériau jusqu'à 5 cm au-dessus de la génératrice supérieure.

B - Spécifications

Les fourreaux proposés devront répondre aux spécifications suivantes :

- ✿ ils seront pré-lubrifiés afin de faciliter au maximum le passage des câbles de fibre optique,
- ✿ la matière utilisée sera un polyéthylène noir sans aucune réutilisation de matériaux recyclés
- ✿ la force de tirage admissible (supérieure ou égale à 200 daN),
- ✿ la pression nominale admissible : 10 bars,
- ✿ le rayon de courbure minimum admissible : 2 mètres.

C - Marquage

Les fourreaux proposés seront marqués avec les indications suivantes :

- ✿ le métrage (maximum tous les 3 m),
- ✿ la date de fabrication,
- ✿ la marque,
- ✿ le diamètre que multiplie l'épaisseur.

D - Repérage

Repérage du tube :

- ✿ Le tube de couleur noir aura des bandes longitudinales co-extrudées d'une même couleur et de la même matière que le tube.
- ✿ Les trois tubes seront repérés avec un nombre de bandes différent pour chaque fourreau.
- ✿ Résistance à l'écrasement
 - ✿ Les tubes proposés seront conformes à la norme EN 50086-2-4 (450N).

4.8.1.5. Prescriptions des matériaux de remblai et de réfection

A - Matériau de remblai

Le matériau utilisé sera une grave non traitée de type A (norme NF P 98-129° 0/14 ou 0/20 comportant un indice de concassage IC > ou = 30).

B - Matériau pour le rétablissement de la chaussée

Le matériau utilisé sera une grave bitume 0/14 ou 0/20 de classe 2 ou 3 (norme NF P 98-138) selon le trafic de la voie sur une épaisseur de 15 cm.

Pour le rétablissement de la couche de roulement, un béton bitumineux semi-grenu 0/10 (norme NF P 98-130) sur 5 à 6 cm sera mis en œuvre.

Une couche d'accrochage à l'émulsion de bitume à 65 % sera répandue à raison de 300 g de bitume résiduel au m², sur la grave bitume, avant la mise en œuvre des enrobés de surface.

Les granulats des matériaux bitumineux seront conformes à la norme NF P 18-540 et choisis pour un trafic ≥ T3.

C - Matériau pour le rétablissement du trottoir

Pour le rétablissement du revêtement du trottoir, un béton bitumineux 0/6 en faible épaisseur (3 à 4 cm) sera mis en œuvre.

Le liant hydrocarboné est un bitume pur 50/70 répondant à la norme T 65.001.

Les granulats proviendront de concassage de roche ayant une friabilité < 25 et un équivalent de sable > 80.

Les courbes granulométriques des mélanges minéraux répondront aux caractéristiques ci-dessus.

Passant au tamis de granulats 0/6 pour BB0/6

TAMISATS (%)			
mm	Minima	Moyenne	Maxima
6,3	90	95	100
2,0	48	50	52
0,08	8,5	9	9,5

La teneur en liant est calculée à partir du module de richesse $K = 3,8$.

D - Remblaiement

Le remblayage doit garantir la stabilité du réseau enterré et celle des terrains adjacents non excavés et permettre ainsi la réfection de la surface sans délai.

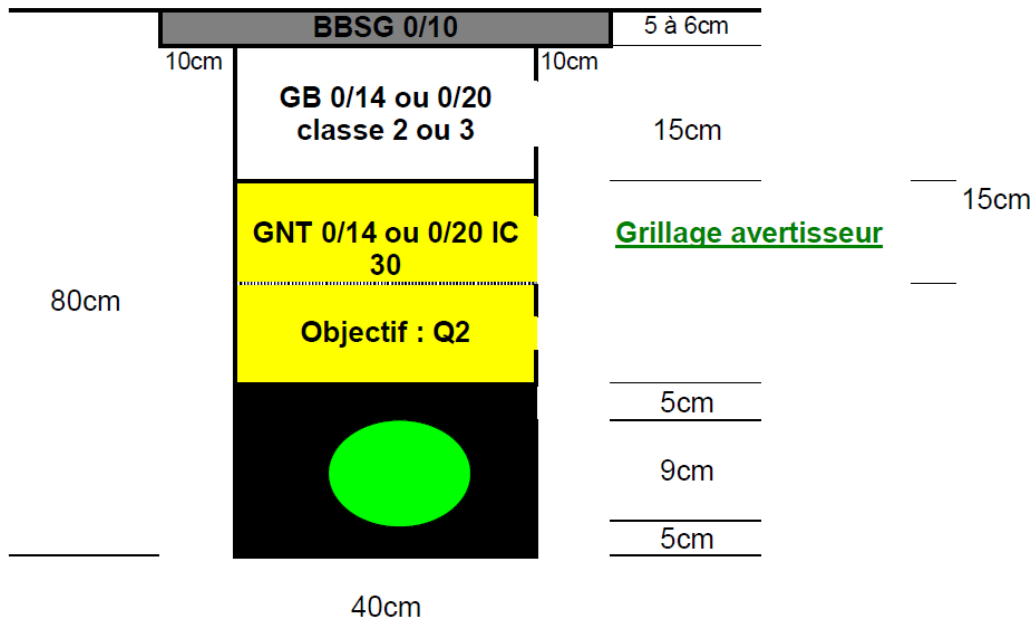
Le remblayage s'effectue au fur et à mesure de l'avancement des travaux. Le remblai est mis en place par couches successives, régulières, compactées à l'aide d'engins mécaniques appropriés et de manière à obtenir les objectifs de densification décrits.

Un grillage avertisseur, de couleur verte, sera mis en place à 20 cm sous les produits bitumineux.

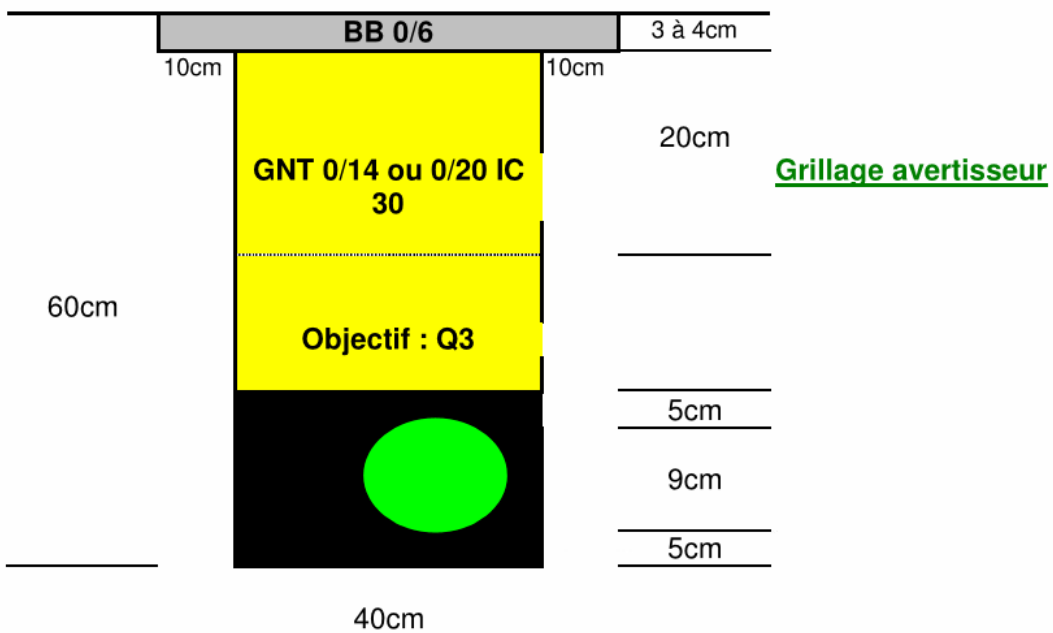
Il sera conforme aux schémas ci-après :

Sous chaussée :

Couche d'accrochage



Sous trottoir :



E - Objectifs de densification

Ils sont sélectionnés parmi les quatre objectifs utilisés en technique routière. Les définitions ci-après stipulent des exigences en masse volumique sèche moyennes de la couche (pdm) et en masse volumique sèche en fond de couche (pdfc).

Niveau Q3 :

- ✿ il s'applique aux couches de la partie supérieure du remblai subissant des sollicitations dues à l'action du trafic.
- ✿ Masse volumique sèche moyenne de la couche 98,5 % de la masse volumique de référence à l'optimum Proctor normal (OPN).
- ✿ Masse volumique sèche en fond de couche 96 % de la masse volumique de référence à l'optimum Proctor normal (OPN).

Niveau Q2 :

- ✿ il s'applique aux couches de la chaussée.
- ✿ Masse volumique sèche moyenne de la couche : 97 % de la masse volumique de référence à l'optimum Proctor modifié (OPM).
- ✿ Masse volumique sèche en fond de couche : 95 % de la masse volumique de référence à l'optimum Proctor modifié (OPM).

Seront refusés et enlevés aux frais de l'entrepreneur, les matériaux enrobés dont le pourcentage de vide sera supérieur à :

- ✿ 9 % pour les BBSG 0/10
- ✿ 10 % pour les GB

Un contrôle de surfacage pourra être exigé.

4.8.1.6. Réalisation des chambres de tirage

Les chambres de tirage à mettre en place seront conformes aux plans types France Télécom (LxT) ou KxC et auront les caractéristiques suivantes :

- ✿ dimensionnement d'au moins 60 cm (soixante centimètres) de côté, de manière à permettre à un technicien d'y pénétrer facilement,
- ✿ résistance mécanique suffisante pour supporter le poids de matériels lourds ou d'engins (camions, ...).

D'une manière générale, lorsque les cheminements sont à créer, des chambres de tirage seront mises en place tous les 250 mètres et à chaque changement de direction.

La résistance mécanique des tampons sera liée au trafic qu'ils supportent :

- ✿ série 400 sous chaussée
- ✿ série 250 sous trottoir

Quelque soit la chambre de tirage implantée, le titulaire prévoira la pose d'une grille de protection antichute.

Les tampons des chambres seront fournis avec un logo. La matrice sera fournie par le maître d'ouvrage.

4.8.2. Génie civil semi-affleurant

4.8.2.1. Préambule

Nous entendons par génie civil semi-affleurant toute réalisation de tranchée et canalisations à l'aide engins mécanisés à faible profondeur.

Ces infrastructures pourront être réalisées :

- ✿ Sous chaussées,
- ✿ Sous trottoirs,

4.8.2.2. Sondages préalables

Dans les zones où la réalisation de tranchées est nécessaire, le titulaire devra **impérativement** réaliser tous les sondages de repérage et les piquetages nécessaires à la définition du cheminement des fourreaux à installer.

4.8.2.3. Réalisation des tranchées

La réalisation des tranchées se fera obligatoirement après sciage net des chaussées ou trottoirs.

Les déblais seront évacués ou recyclés dans les sites prévus à cet effet. (Matériaux bitumineux et à base de liant hydraulique).

Si l'encombrement du sous-sol le permet, la tranchée sera impérativement réalisée en dehors des bandes de roulement.

4.8.2.4. Pose et repérage des fourreaux

Elle sera identique à la pose en génie civil traditionnel.

4.8.2.5. Prescriptions des matériaux de remblai et de réfection

A - Matériau de remblai

Ce sera un matériau comportant des gravillons jusqu'à 20 mm, dit auto-compactant comportant de 25 à 100 kg/m³ d'un liant hydraulique généralement du ciment mis en œuvre jusqu'au niveau 0.

Ce type de produit **non essorable** dont la fluidité est obtenue par l'utilisation d'adjuvants et la capacité portante par prise et durcissement du liant.

La résistance en compression à 28 jours sera comprise entre 0,7 et 2 Mpa pour permettre une réexcavabilité manuelle ou mécanique légère.

Ce produit sera fabriqué par une centrale assurant le dosage des constituants et leur malaxage.

Le transport se fera en camion malaxeur.

Les canalisations, ainsi que les filets avertisseurs devront être sérieusement arrimés pour ne pas remonter dans le matériau sous la poussée hydrostatique. Ces derniers seront de couleur verte et mis en place à 20 cm sous la surface.

B - Matériau pour le rétablissement de la chaussée

Après rabotage sur 50 cm de largeur, un BBSG 0/10 (norme NF P 98-130) sur 5 à 6 cm sera mis en œuvre.

Matériau pour le rétablissement du trottoir :

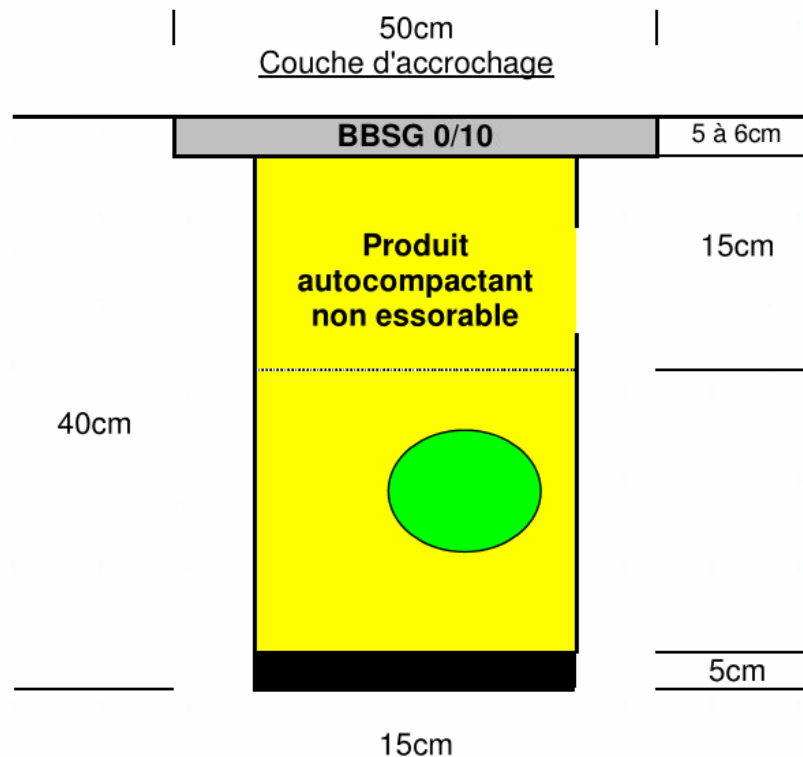
- ☘ Après rabotage sur 50 cm de largeur, un béton bitumineux 0/6 en faible épaisseur
- ☘ Le liant hydrocarboné est un bitume pur 50/70 répondant à la norme T 65.001.
- ☘ Les granulats proviendront de concassage de roche ayant une friabilité < 25 et un équivalent de sable > 80.
- ☘ Les courbes granulométriques des mélanges minéraux répondront aux caractéristiques ci-dessus.

Passant au tamis de granulats 0/6 pour BB0/6

TAMISATS (%)			
mm	Minima	Moyenne	Maxima
6,3	90	95	100
2,0	48	50	52
0,08	8,5	9	9,5

La teneur en liant est calculée à partir du module de richesse $K = 3,8$.

Le remblaiement sera conforme aux schémas ci-après :



4.9. Le repérage

4.9.1. Principe

L'ensemble des repérages seront déterminés et validés pendant l'exécution des travaux. Des échantillons seront demandés avant la pose de ceux-ci. Des fichiers issus de tableurs, seront demandés, permettant ainsi l'intégration de ces éléments d'identifications. Le format de fichier sera défini ultérieurement.

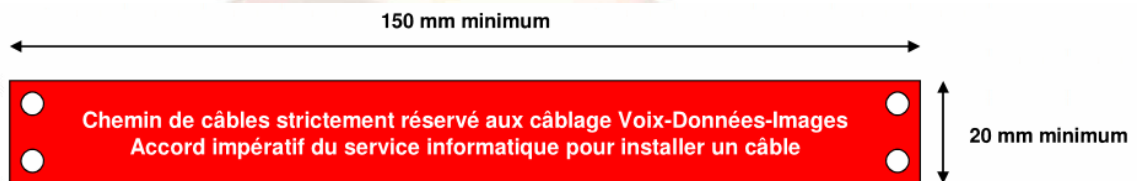
Chaque élément sera repéré à l'aide d'une étiquette gravée (et non imprimée) soit collée, soit fixée mécaniquement pour plus de longévité, à l'exclusion de toute étiquette autocollante de type DYMO ou équivalent.

4.9.2. Les locaux techniques

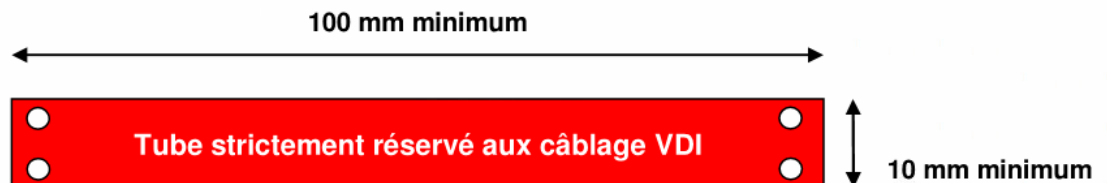
L'identification et le repérage sont nécessaires dès le début, afin d'appliquer ce principe à toutes les nouvelles implantations de câblage. En regard de l'importance du site et des extensions possibles, le repérage s'appliquera par bâtiment.

4.9.3. Les cheminements

Les chemins de câble porteront tous les **cinq mètres** et à chaque changement de direction, une étiquette dilophane attachée solidement portant l'inscription :



Les tubes IRO porteront tous les trois mètres ou à chaque changement de direction, une étiquette dilophane attachée solidement portant l'inscription :



4.9.4. Les câbles VDI

Les câbles devront être repérés au feutre **indélébile** (à même le câble) ou avec une étiquette inamovible, **aux deux extrémités** (repérage avec le N° de prise définitif **même après raccordement sur les RJ45**). Ce repérage sera situé sur le câble entre 20 et 50 cm de la prise installée (finie).

4.9.5. Les prises

Les prises RJ45 devront être clairement identifiées et repérées, tant coté répartiteur que coté distribution.

Côté répartiteur : un numéro séquentiel de 1 à n pour chaque prise.

Côté distribution : un chiffre et une lettre pour le local technique dont elle est issue - un numéro d'identification (séquentiel) de la prise.

Chaque prise sera repérée ainsi à l'aide d'une étiquette gravée (et non imprimée) soit collée, soit fixée mécaniquement pour plus de longévité, à l'exclusion de toute étiquette autocollante de type DYMO ou équivalent.

Exemple :

10A - 001

4.9.6. Les rocade optiques

Il est demandé au soumissionnaire d'identifier et de repérer tous les connecteurs optiques des rocades par un numéro de 1 à n pour chaque liaison. En particulier, il devra apparaître clairement, à chaque extrémité, les tenants et les aboutissants de chacun des câbles de rocade.

Le repérage des panneaux au sein du local technique, comprendra le nom de la liaison, ainsi que le nombre de brins.

Exemple :

Fibre monomode 24 brins vers LT 52A

4.9.7. Les rocades cuivre

Il est demandé au soumissionnaire d'identifier et de repérer toutes les RJ45 des rocades par un numéro de 1 à n pour chaque liaison. En particulier, il devra apparaître clairement, à chaque extrémité, les tenants et les aboutissants de chacun des câbles de rocade.

Le repérage des panneaux de brassage au sein du local technique, comprendra le nom de la liaison, ainsi que le nombre de paires du câble. Un document, placé dans une pochette plastifiée, décrivant précisément toutes les connexions et les numéros de contacts, sera disposé à proximité des répartiteurs. Une étiquette supplémentaire identifiera clairement les liaisons 4 fils.

Exemple :

Rocade 56 paires vers LT 52A

4.10. Tests

4.10.1. Contrôle Visuel

Un contrôle visuel sera effectué après passage de tous les cheminements afin de vérifier la qualité de pose, la mise à la terre, l'étiquetage...

Un contrôle sera aussi effectué après le passage de tous les câbles pour vérifier : le bon dimensionnement des cheminements, le rebouchage de tous les percements, etc.

Un tableau récapitulatif de tous les tests à effectuer sera rempli par le titulaire du marché avant l'exécution des opérations préalables à la réception.

Date :		Société (installateur) :	
(C= Conforme, NC = Non Conforme)		Site concerné :	
N°	Test à effectuer	Statut (C ou NC)	Commentaires
1	Etiquetage baies et coffrets		
2	Etiquetage panneaux 19"		
3	Etiquetage câbles optiques		
4	Etiquetage chemins de câbles		
5	Aspect des baies et coffrets		
6	Rilsan correctement serrés		
7	Dénudage câbles optique		
8	Rayon de courbure optique		
9	Lovage câbles optique dans baie		
10	Cahier de recette fourni		
11	Cahier de recette fourni		
12	Nomenclature des matériels installés		
13	Photocopie Bon de Livraison Câbles optiques		
14	N° de série de l'appareil et date de dernière calibration : Pentascanner photomètre, réflectomètre		
15	Nettoyage du site		

4.10.2. Mesures sur les câbles cuivre

Les mesures décrites ci-après, permettant d'apprécier la qualité de transmission, doivent être réalisées sur la totalité des câbles (après l'expertise visuelle).

Le testeur devra être de marque Fluke pour des questions de gestion et archivage des recettes de câble.

La recette finale aura lieu **en présence** du **Maître d'Ouvrage et du représentant de la DN.**

Le Titulaire aura réalisé au préalable tous les tests sur la totalité des câbles afin d'avoir déjà localisé d'éventuels problèmes d'installation.

Celui-ci présentera à cette occasion les fiches techniques des produits installés : câble, connecteurs, cordons indiquant les paramètres d'impédance, de vélocité, d'atténuation, de return loss etc..., afin de valider les valeurs indiquées par le fabricant et leurs saisies sur le testeur et celles indiquées sur les fiches de tests présentées par le Titulaire.

Ces tests comprennent :

- ☉ Les essais de continuité, d'isolement et de dépairage pour :
 - ☉ Vérifier la connectique,
 - ☉ Déceler les défauts de croisement et de court-circuit,
 - ☉ Déterminer que chaque paire est bien isolée par rapport aux autres paires et par rapport à la terre,
- ☉ Les essais de réflectométrie pour déterminer les longueurs et valider la qualité du câble,
- ☉ Les essais d'atténuation et de paradiaphonie ainsi que tous les paramètres de PowerSum, de Return-Loss, de Skew-Delay, etc. pour valider le système,
- ☉ Les essais de connectivité et de résistance du blindage,
- ☉ La vérification des repérages inscrits sur les prises et les bandeaux, ainsi que leur localisation exacte sur les plans de recette.

La recette doit prouver pour chaque liaison, lien permanent (et sur tous les paramètres) la conformité à la norme Classe EA (ISO/IEC 11 801 Edition 2002 Amd1 et Amd2 avril 2010).

Le matériel de test est de type « ISO/IEC 11 801 Edition 2002 Amd1 et Amd2 avril 2010 », La version logicielle du testeur est remise à jour conformément aux dernières versions disponibles par le fabricant. L'entreprise fournit avant chaque campagne de test, le certificat de métrologie de l'appareil datant de moins de 6 mois. Le testeur et l'injecteur sont étalonnés à chaque usage.

L'ensemble des liaisons installées sera testé selon la méthodologie «**Permanent Link**» A ce titre les cordons testeurs devront être contrôlés à chaque lancement de tests, facture du fabricant du testeur à l'appui et changés tous les huit cents tests.

Le maître d'ouvrage se réserve le droit d'être présent à tout moment lors des tests et de choisir au hasard une fois la phase de tests finis, jusqu'à cinq (5) % du total des liaisons électriques afin de les re-tester (avec le testeur de l'entreprise) et de les comparer aux résultats indiqués dans la recette technique.

Tous les tests qui n'auront pas été faits selon les modalités de ce présent document devront être repassés et ne seront pas facturés. Si plus de deux (2) % de la totalité des tests échouent, l'intégralité du système de câblage devra être re-testé sans coûts supplémentaires.

4.10.3. Mesure sur les câbles optiques

Un contrôle réflectométrique sera réalisé dans les deux sens à 1310nm et 1550nm.
Chaque segment sera testé individuellement.

Le protocole ou procédure de test devront être validés au préalable par le responsable Réseau et Télécom. Si un seul élément du protocole n'est pas respecté ou validé, le test sera sans valeur et non opposable. Il devra être exécuté à nouveau et ne sera pas facturé.

La courbe à fournir devra présenter les valeurs suivantes :

- ☉ la longueur de la fibre mesurée,
- ☉ l'atténuation linéique de la fibre mesurée,
- ☉ la valeur d'atténuation du connecteur d'entrée,
- ☉ la valeur d'atténuation du connecteur de sortie.

Les valeurs de référence qu'il ne faudra pas dépasser sont pour les fibres monomodes :

- ☉ Atténuation linéique : 0,7 dB/km @ 1310 nm et 0,3 dB/km @ 1550 nm,
- ☉ Atténuation d'une traversée de cloison : 0,3 dB maximum,
- ☉ Saut inexplicé sur la fibre de plus de 0,1dB (vieillissement dangereux de la fibre).

Le certificat de tarage (maximum un an) sera réclamé en réunion de suivi de chantier.

4.10.4. Contre recette

A chaque déploiement de câblage, la recette établie par l'entreprise devra être validée par la **"Direction du Numérique"**

Cette validation portera sur 10% à 50% des prises cuivre installées (échantillon significatif en fonction du nombre de prises installées). Le choix précis de l'échantillon sera effectué par la **"Direction du Numérique"** et non l'entreprise.

Dans le cas où le nombre de prises défectueuses est supérieur à 5%, ou si les résultats obtenus diffèrent de ceux fournis dans la recette établie par l'entreprise, il sera exigé, à la charge de l'entreprise adjudicataire, la validation exhaustive de l'ensemble des prises prévues au marché.

4.11. Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE)

L'ensemble de la documentation fait partie intégrante de la prestation. Celle-ci devra être livrée **en français**.

L'ensemble des documents sera livré au format papier et au format électronique, exploitable (MS Office, visio, autocad, format pdf utilisé exceptionnellement pour des formats spécifiques).

L'ensemble des documents techniques sera fourni avec, en préambule, une présentation globale de l'architecture mise en place et un index des pièces constituant le DOE.

Le Dossier des Ouvrages Exécutés sera composé des éléments suivants :

- ✿ Sommaire,
- ✿ Schéma de principe de l'installation,
- ✿ Schéma des coffrets et des baies VDI,
- ✿ Le certificat de calibration opposable aux jours des tests incluant le descriptif ou protocole de test.
- ✿ Schéma des coffrets électriques (TGBT inclus),
- ✿ Les tests cuivre (1 page par test),
- ✿ Les tests optiques (dans les deux sens)
- ✿ Une nomenclature des produits installés,
- ✿ Les fiches techniques des produits installés,
- ✿ La note de calcul,
- ✿ Une attestation pour le rebouchage des percements ainsi que le PV des mousses,
- ✿ Les plans avec l'emplacement des cheminements,
- ✿ Les plans avec l'implantation des prises RJ45 (avec numérotation),
- ✿ Les plans avec l'implantation des prises électriques (avec numérotation),
- ✿ Le rapport du bureau de contrôle électrique.

4.12. Réception

La réception de cette installation sera prononcée et conditionnée par :

- ✿ La fourniture de toutes les pièces attestant de la réalisation des tests,
- ✿ La fourniture de toute la documentation.