

maître d'ouvrage

**Ministère de l'Écologie, de l'Énergie,
du Développement durable
et de l'Aménagement du territoire**



**MODERNISATION DES TUNNELS ROUTIERS
FRANCILIENS**

Architecture électrique type

Architecture électrique type

PIECE 1

Notice

conduite d'opération

**Direction interdépartementale des routes
d'Ile de France**

Direction de la construction
Mission équipements et tunnels
2, rue Olof Palme
94002 CRETEIL cedex

maîtrise d'œuvre

Direction de l'ingénierie
Pôle de compétence équipements et tunnels
Unité technologie des équipements et réseaux
79b, avenue du Maréchal de Lattre de Tassigny
94002 Créteil

*

*

Établi le chef de projet

F. Marchand

mars 2009

Archi_elec_v2.1

SOMMAIRE

I. Évolution du document	5
I.1 1.0.....	5
I.2 1.1	5
I.3 2.0	5
I.4 2.1	5
II. Présentation.....	5
II.1 Objet du document	5
II.2 Présentation topologique.....	5
III. Architecture	6
III.1 Alimentation par les réseaux publics.....	6
III.2 Principe en fonctionnement normal.....	6
III.2.1 Sources.....	6
III.2.2 Transformateurs	6
III.2.3 TGBT (tableau général basse tension).....	7
III.2.4 Tableau divisionnaire	7
III.2.5 Niveau étage.....	8
III.2.6 Utilisateurs	8
III.2.6.1 Utilisateurs redondants.....	8
III.2.6.2 Utilisateur non redondant	8
III.2.6.3 Utilisateurs non délestables	9
III.2.7 L'onduleur.....	9
III.3 Fonctionnement en cas de perte ERDF	9
III.4 Cas d'un incident transformateur	9
III.5 Tension auxiliaire et réseau stabilisé	10
IV. Principes constructifs	10
IV.1 Principes généraux	10
IV.2 Transformateurs.....	11

Architecture électrique type
Schéma directeur

IV.3 Commutateur BT	11
IV.4 Lampes à décharge	11
V. Locaux	11
VI. Postes satellites.....	12

I. ÉVOLUTION DU DOCUMENT

I.1 1.0

Version d'origine portée à connaissance des maîtres d'œuvre impliqués dans les tunnels

I.2 1.1

Correction sur l'usage des contacteurs et disjoncteurs

I.3 2.0

Version modificative suite à notre entrevue¹ avec ERDF². La version précédente identifiait entre autre deux types de tableaux divisionnaires : d'une part *utilisateurs redondants* d'autre part à *répartition de charge*. Sans modification de la structure divisionnaire, les types de tableaux sont maintenant identifiés par leur principe de gestion (local ou GTC), la nature des utilisateurs relevant, comme précédemment, du câblage de ces utilisateurs.

I.4 2.1

Corrections du plan du document.

II. PRESENTATION

II.1 OBJET DU DOCUMENT

La présente notice est associée à un schéma général électrique et constitue les commentaires du dit schéma.

II.2 PRESENTATION TOPOLOGIQUE

Le schéma s'applique à un tunnel disposant de deux usines de ventilation, concourant à assurer les servitudes générales de l'ouvrage : ventilation, extraction, éclairage et relevage.

L'architecture type repose sur deux usines disposant chacune d'une source ERDF distincte (poste source 20 kV différent). Il peut être généralisé à des tunnels disposants de plusieurs usines, sur des artères HT à partir des deux usines recevant les livraisons ERDF.

¹ Réunion du 2/6/2008 avec ERFD Nanterre, sur le schéma électrique du tunnel de Nogent

² Electricité Réseau Distribution France, est le gestionnaire du réseau de distribution 20kV et BT. Si l'énergie peut être achetée à différents fournisseurs, le raccordement se fait toujours au travers du gestionnaire de réseau qui est généralement ERDF.

Outre le gestionnaire du réseau, il faut contracter avec un fournisseur d'énergie, et un responsable d'équilibre.

III. ARCHITECTURE

III.1 ALIMENTATION PAR LES RESEAUX PUBLICS

Le schéma directeur s'applique directement à un tunnel disposant de deux usines de ventilation. Chaque usine dispose d'une alimentation HT depuis le réseau public et les sources, ainsi que les câbles, du distributeur ne présentent pas de point commun pour l'alimentation des deux usines.

En régime normal de fonctionnement, chaque alimentation HT fournit la moitié de la puissance nécessaire à l'ensemble du tunnel. En régime dégradé, occasionné par la perte d'une alimentation HT d'une usine, l'autre alimentation HT fournit la totalité de la puissance nécessaire au tunnel.

Les contrats sont à priori dimensionnés pour que la puissance nominale de chaque comptage corresponde à la moitié de la totalité des besoins en énergie du tunnel, sans prendre en compte la puissance nécessaire au fonctionnement des extracteurs. Il est donc convenu que le fonctionnement en régime dégradé ainsi qu'en extraction, produira une facturation en dépassement.

III.2 PRINCIPE EN FONCTIONNEMENT NORMAL

III.2.1 Sources

Chaque usine de ventilation dispose d'une puissance électrique fournie pour partie depuis le comptage du local A (comptage local) et pour partie du comptage du local A' (comptage distant). Le transport d'énergie depuis l'usine distante est effectué en HTA (20 kV), sous protection homopolaire spécifique du fait de la distance. Chaque usine dispose donc de :

- 2 transformateurs,
- 2 TGBT.

Toutes les cellules HTA des usines sont à manœuvre manuelle, à l'exception des deux cellules d'arrivée ERDF qui sont intégrées dans le principe de continuité de service à négocier avec le distributeur. Le distributeur a abandonné l'ancien système où le basculement était assuré par une réserve mécanique de marche (ressort et tringlerie). Actuellement, les nouveaux PASA intègrent un accumulateur 12V pour la surveillance et un accumulateur 24V pour assurer la motorisation des cellules. C'est la logique du PASA qui garantit l'inter-verrouillage interdisant les deux interrupteurs fermés.

On le verra par la suite (§III.2.4), les couplages automatiques se font en BT, au niveau des tableaux divisionnaires (sous les TGBT). Pour satisfaire au principe d'un secours total, les deux transformateurs d'une usine sont de puissance identique et sont capables, chacun, de reprendre la totalité de la puissance nécessaire à l'usine.

III.2.2 Transformateurs

Chaque transformateur est propre à une usine. En régime normal de fonctionnement, chaque transformateur fournit la moitié de sa puissance nominale. En régime dégradé, un transformateur peut être sollicité à sa puissance nominale (secours total). Il s'en suit que dans

chaque usine les transformateurs vont par paire, l'un des transformateur est alimenter depuis l'alimentation HT locale, l'autre depuis l'alimentation HT de l'autre usine (distante).

Il est à noter qu'une même usine peut disposer de plusieurs paires de transformateurs, par exemple quand différentes tensions d'usage sont requises (400 V et 600 V par exemple). Il est par contre prescrit d'utiliser des transformateurs de forte puissance plutôt que d'en multiplier le nombre.

III.2.3 TGBT (tableau général basse tension)

Il y a un TGBT au secondaire de chaque transformateur. Ce TGBT assure deux fonctions principales :

- Protection du transformateur contre les surcharges et les courts-circuits avals
- Protection des câbles alimentant les tableaux divisionnaires.

Ces deux fonctions sont assurées par des disjoncteurs différents. Il est à noter que la protection contre les effets des courts-circuits dans le primaire doit être assurée, au travers du DGPT2 (dégagement gazeux), par la mise hors tension de la source primaire.

III.2.4 Tableau divisionnaire

Les tableaux divisionnaires, y compris le tableau attaché à l'onduleur sont équipés, en tête, d'un commutateur normal secours intégrant un verrouillage interne interdisant la mise en parallèle des sources normal et secours (voir §IV.2). La protection des jeux de barres de ces tableaux (et du dispositif normal/secours) est assuré par les disjoncteurs installés au niveau supérieur TGBT. Ces disjoncteurs TGBT doivent, aussi, permettre la séparation (sectionnement) et la protection de la canalisation TGBT -> divisionnaire. Nous distinguons deux types de tableaux divisionnaires :

1. Les délestables : pour ces tableaux, la commutation de sources est conditionnée par une autorisation GTC³, elle-même intégrant une autorisation téléphonique du distributeur. En règle générale, il y a au moins deux instances de ce type de tableau :
 - a. L'une dont le jeu de barres est alimenté en fonctionnement normal depuis la source ERDF de l'usine locale.
 - b. L'autre alimentée depuis l'usine distante.
2. Les automatiques N/S : pour ces tableaux, la commutation est automatique et quasi instantanée sur l'autre source en cas de disparition de la source principale. A priori, même si le schéma en représente deux pour des commodités d'exploitation⁴, une seule instance est indispensable et la source principale est celle de l'usine locale; s'y ajoute nécessairement le tableau divisionnaire « stabilisé » (aval onduleur). La puissance absorbée par l'ensemble de ces types de tableaux doit être raisonnable et faire l'objet

³ Toute la GTC, des automates aux MSED, ainsi que leurs moyens de communication, devront bénéficier d'une double alimentation, à partir des tableaux M et Q.

⁴ Il faut toujours examiner comment est maintenu la continuité d'exploitation en cas de travaux sur un jeu de barres.

d'un accord avec le distributeur. En première approximation, la puissance totale automatiquement transférable ne devrait pas dépasser 25% de la puissance souscrite par poste ERDF.

Le basculement de source des jeux de barre E et F sont uniquement conditionnés par la présence de tension amont. Ils ne doivent nécessiter aucune autre source.

Les basculements de source des jeux de barre G et H sont conditionnés par la présence de tension amont, et par une autorisation de la GTC. L'autorisation est une sortie (libre de potentiel) de la GTC ; la consigne GTC doit pouvoir être outrepassée localement (basculement autorisé, basculement interdit, ou basculement selon télécommande). L'éventuel automatisme (électronique ou câblé) pour la commande des interrupteurs, doit être indépendant des automates GTC ; il doit être alimenté par un combinateur de source reprenant les amonts : il doit notamment fonctionner sans la tension du jeu de barre stabilisé. La disparition de tension sur la source qui n'est pas utilisée, ne doit avoir aucune conséquence sur la présence de tension sur le jeu de barres.

III.2.5 Niveau étage

L'utilisation de ce niveau de structure n'est pas indispensable pour tous les récepteurs. En particulier quand ils sont gros clients et unitaires, ils sont à raccorder directement sur un tableau divisionnaire.

Le tableau d'étage N est particulier : il est bi-source et sa position de repos est source onduleur (stabilisé). Il sert à desservir les points de services (PST du tunnel) quand le cheminement est sous protection N3.

Les tableaux d'étage M et Q sont nécessairement indépendants.

III.2.6 Utilisateurs

III.2.6.1 Utilisateurs redondants

Les utilisateurs redondants correspondent aux systèmes d'équipements terminaux qui sont en surnombres (par rapport à la sécurité) dans le tunnel. Ils sont raccordés, en les répartissant, sur les 2 tableaux divisionnaires G et H. Ce serait, par exemple, le cas d'un éclairage normal réalisé par deux files de luminaires ou la ventilation par des accélérateurs répartis en surnombre.

Chacun des tableaux divisionnaires G et H est alimenté par un TGBT distinct et donc, de fait, par un poste source du distributeur différent. Il s'ensuit qu'en cas de perte d'un des postes de livraison, une partie de ces utilisateurs redondants reste opérationnelle (sans coupure).

III.2.6.2 Utilisateur non redondant

Les utilisateurs non redondants correspondent aux systèmes d'équipements terminaux qui ne sont pas en surnombres (par rapport à la sécurité) dans le tunnel; c'est souvent le cas des extracteurs de fumée. Ils sont raccordés eux aussi, en les répartissant, sur les 2 tableaux divisionnaires G et H parce qu'il faut bien les raccorder quelque part !

Comme ces utilisateurs ne sont pas redondants, il n'est pas indispensable de partager la charge sur les deux postes de livraison mais, évidemment, ce tableau divisionnaire doit être équipé d'un normal secours pour pouvoir reprendre les utilisateurs non redondants depuis

l'usine résiduelle. Le schéma montre un raccordement sur les tableaux divisionnaires G et H, alimenté normalement, chacun, par un TGBT distinct et donc, de fait, par un poste source du distributeur différent. Il s'ensuit qu'en cas de perte d'un des postes sources du distributeur, une partie de ces utilisateurs non redondants devient indisponible. La disponibilité ne réapparaîtra que quand le basculement de source aura été effectif (autorisation GTC/distributeur) mais la puissance transférée sera moins importante que dans le cas d'un tableau unique l'objet du manque tension.

III.2.6.3 Utilisateurs non délestables

Il s'agit d'utilisateurs privilégiés qui vont bénéficier de la latitude que nous laisse le distributeur d'énergie de transférer, sans préavis, une partie de la charge d'un poste ERDF sur un autre. Sont identifiés actuellement comme utilisateurs privilégiés :

- L'amont onduleur,
- L'alimentation des PST (Point de Service Tunnel),⁵
- L'alimentation de la GTC et du réseau de transmission.

Il peut en exister d'autres.

III.2.7 L'onduleur

Il s'agit d'un équipement intermédiaire qui a été remonté au niveau source de la structure. Il est important de ne pas perdre de vue que la présence du réseau n°2 (R2 sur le schéma) est indispensable au fonctionnement de l'onduleur, pour démarrer et pour absorber les pointes de courant. En fonctionnement, l'onduleur est en phase avec R2. Le raccordement de R1 (chargeur) et R2 sur des tableaux divisionnaires différents permet qu'en cas de perte du tableau alimentant R1, l'onduleur videra ses batteries puis basculera sur R2⁶, alimenté par un autre tableau.

III.3 FONCTIONNEMENT EN CAS DE PERTE ERDF

L'installation doit être dimensionnée pour un secours total à partir de n'importe quelle des deux arrivées.

Lors de la perte ERDF, la moitié des tableaux divisionnaires reste alimentée. Les autres tableaux basculent sur manque tension de la source de repos, après temporisation à l'enclenchement et une éventuelle autorisation GTC induite par une autorisation du distributeur. Bien évidemment, si des mesures de délestage, ou de re-lestage maîtrisé, ne sont pas mises en œuvre, la totalité de la puissance des deux usines est prélevée sur l'arrivée ERDF résiduelle (accord ERDF préalable nécessaire).

III.4 CAS D'UN INCIDENT TRANSFORMATEUR

⁵ Dans le cadre du phasage de la modernisation des tunnels, des PST peuvent être installés sans que la puissance des sources amont soit adaptée en cas de secours. Dans cette phase provisoire, un tableau d'étage de PST ayant une seconde source, pourra être délestable.

⁶ donc sans saut de phase, puisqu'il reste synchronisé sur R2

Pour l'utilisateur, la défaillance d'un transformateur HTA/400V, est vue comme une perte de la source ERDF. Le transformateur subsistant est capable de reprendre la totalité de la puissance mais les accords avec le distributeur permettant le transfert de charge s'appliquent là aussi..

Néanmoins, dans le cas où l'incident apparaîtrait sur le transformateur du local A, le tableau HTA du local B permet que durant toute la période de remplacement, la puissance ne soit pas prélevée en totalité sur l'autre usine qui absorbe alors le double de sa puissance nominale. Par une manœuvre manuelle, il est possible de ré-alimenter le transformateur du local B depuis le tableau HT du local A à pleine puissance. Bien évidemment, dans cette situation, il n'y a plus de secours d'une usine par l'autre mais on est déjà en fonctionnement dégradé.

III.5 TENSION AUXILIAIRE ET RESEAU STABILISE

Toutes les tensions auxiliaires sont à réalisées par des combineurs de source, à base de relais et contacteurs. L'usage de tension stabilisée issue de l'onduleur, est a priori exclu.

Certains équipements HT nécessitent une tension auxiliaire 230V pour assurer leur service (relais homopolaire, bobine à émission).

La source auxiliaire sera constituée par un combineurs de sources (à partir de chaque transformateur HTA/BT). Les sources amonts seront constituées chacune par une prise d'énergie raccordée, au travers d'un fusible HPC, au ras des bornes du secondaire.

Le poste HT ne sera plus totalement protégé en cas de mise hors tension des deux transformateurs. Aucune des cellules HTA n'est motorisée et, à priori, il ne sera pas fait usage de bobine à manque de tension.

Les commutations de source au niveau des arrivées distributeur sont à gérer par le PASA et ses blocs URA prescrits par le distributeur.

IV. PRINCIPES CONSTRUCTIFS

IV.1 PRINCIPES GENERAUX

La spécification E1 est applicable.

Au niveau de chaque jeu de barre, la présence de tension est détectée et signalée par un indicateur lumineux de présence de tension à haute disponibilité (LED).

Tous les départs des tableaux divisionnaires et d'étages, sont sectionneurs, à coupure pleinement apparente. La protection peut n'être adaptée qu'à la canalisation aval si des dispositions de protection sont prises au niveau de l'alimentation terminale. Par principe, sur court-circuit en un point quelconque de la canalisation, la sélectivité doit être assurée avec la protection amont. Il n'est pas exigé de sélectivité sur défaut (à la terre) mais la répercussion d'un tel défaut doit se limiter à la mise hors tension automatique du jeu de barres concerné.

Toutes les sources d'alimentation devront pouvoir être coupées par action sur un des coups de poing (existant ou à installer) du local. Si le local, en fonction de l'accessibilité, est équipé de plusieurs coup de poing, l'appui sur n'importe lequel des coups de poing doit entraîner la

coupure de toutes les sources d'alimentation distribuées. Le déclenchement peut être assuré par des bobines à émission auto-alimentée par la source à couper.

IV.2 TRANSFORMATEURS

Les transformateurs sont à isolement huile et équipés d'un DGPT2 agissant sur la cellule HT de protection par l'intermédiaire d'une bobine à émission polarisée par la tension auxiliaire décrite au § III.5.

En association avec les protections amont et aval, les transformateurs doivent supporter les effets d'une surcharge ainsi que d'un court-circuit franc.

IV.3 COMMUTATEUR BT

Des équipements sont représentés comme contacteur, du fait de la fonction qu'ils assurent dans ce schéma. En fonction des intensités à commuter, ce seront soit des contacteurs (au sens de fermeture maintenue par la présence continue d'une tension sur la bobine de manœuvre) soit des interrupteurs motorisés, en général construits sur des bases polaires de disjoncteur dont la position est conservée lors de la disparition de la source d'énergie ayant permis la manœuvre (ouverture ou fermeture).

Les contacteurs ou les interrupteurs (disjoncteurs) sont alimentés par l'amont. Ils n'ont pas besoin de tension auxiliaire. Les automatismes de motorisation des basculements et réarmements ne sont pas alimentés par une source stabilisée, mais soit par l'amont si possible ou à défaut par la source auxiliaire combinée.

IV.4 LAMPES A DECHARGE

En cas d'absence d'énergie, les lampes à décharge (sodium, mercure etc) doivent bénéficier d'une temporisation préalable à leur réalimentation permettant un réamorçage optimum.

V. LOCAUX

Le schéma identifie la localisation des principaux matériels. Un compartimentage des usines est exigé pour limiter les effets d'un éventuel incendie, quant à sa propagation et, surtout, quant aux dégâts induits par la corrosion des fumées. L'idéal serait que chaque tableau soit dans un local séparé mais il est possible d'édicter les règles suivantes :

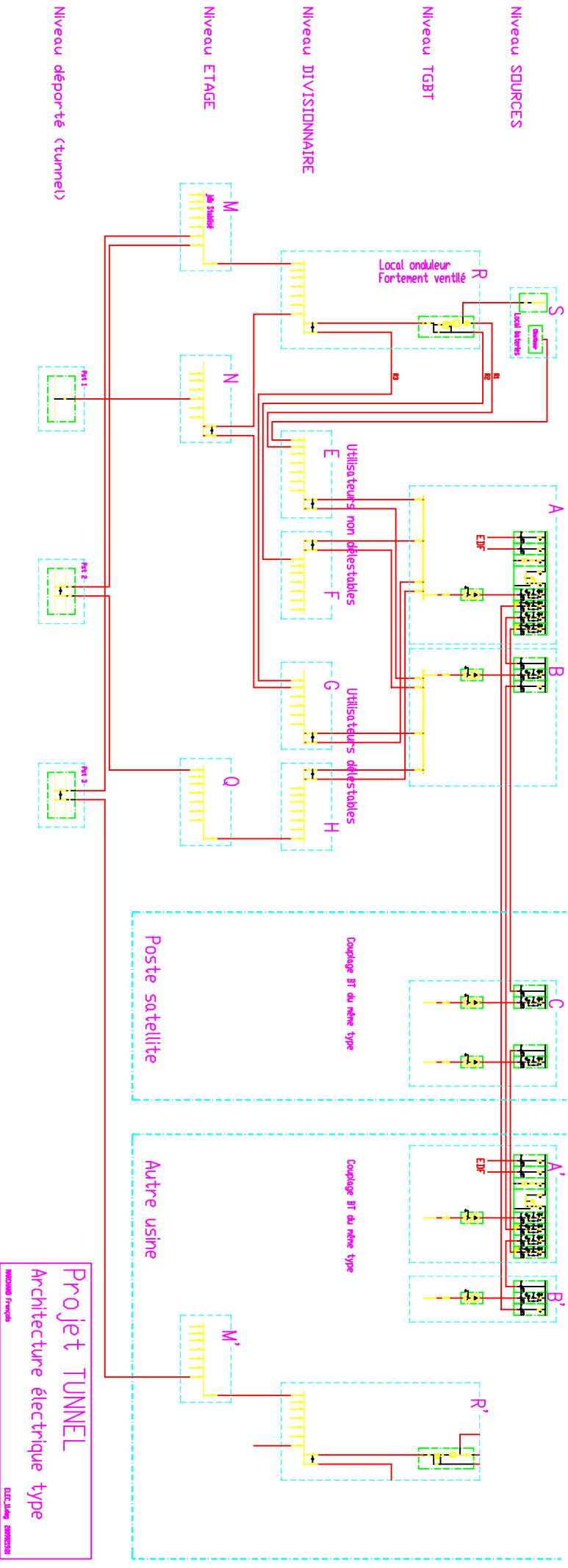
- A et B sont obligatoirement distincts et indépendant
- E et F sont de préférence distincts (puisque F est optionnel)
- E et G sont obligatoirement distincts
- G et H sont obligatoirement distincts (utilisateurs redondants)
- M et Q sont obligatoirement distincts
- F et H peuvent être dans le même local

Les locaux R et S sont très spécifiques et évidemment isolés entre eux et des autres locaux.

Les locaux doivent être équipés d'une détection d'incendie.

VI. POSTES SATELLITES

Sont dénommés ainsi des postes qui ne disposent pas d'alimentation ERDF directe. Ces postes doivent disposer de deux sources électriques indépendantes. En général, ils seront raccordés sur deux tableaux.



Projet TUNNEL
Architecture électrique type

Version 1.0

ETEC-Mag 2000/2001