

L'ALIMENTATION ELECTRIQUE
DES SYSTEMES INFORMATIQUES

Octobre 1996

Commission Techniques de Sécurité Physique



CLUB DE LA SECURITE DES SYSTEMES D'INFORMATION FRANÇAIS

30, Rue Pierre Sémard – 75009 Paris

Mail : clusif@clusif.asso.fr Web : <http://www.clusif.asso.fr>

REMERCIEMENTS

Le CLUSIF tient à mettre ici à l'honneur les personnes qui ont rendu possible la réalisation de ce document, et tout particulièrement, **Monsieur Joël MATHÉ** qui a réalisé la majeure partie de cet ouvrage :

<i>Alain</i>	<i>ALBINHAC</i>	
<i>Jacques</i>	<i>AUZAT</i>	COMMERCIAL UNION FRANCE
<i>Alain</i>	<i>BEAUMARD</i>	CNPP (Centre National de Prévention et de Protection)
<i>Robert</i>	<i>BERGERON</i>	CAP SESA TERTIAIRE
<i>Jean-Jacques</i>	<i>BERTIN</i>	GROUPE SIGLE INFORMATIQUE
<i>Jacques</i>	<i>BLANC-GARIN</i>	BG CONSULTANT
<i>Gérard</i>	<i>COUTANT</i>	GROUPE HENNER
<i>Anne</i>	<i>DE CADEVILLE</i>	CNAMTS
<i>Claude</i>	<i>GUERIN</i>	COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE
<i>Monsieur</i>	<i>HANCHIR</i>	SG2 BENELUX
<i>Charles</i>	<i>LANGUEDOC</i>	SECURORDIS
<i>Joël</i>	<i>MATHE</i>	APAVE OUEST
<i>Pierre</i>	<i>NICOU</i>	3M FRANCE
<i>Noëlle</i>	<i>PELTIER</i>	TRT
<i>Alain</i>	<i>REFFRAY</i>	EXPLOITIQUE
<i>Jean-Pierre</i>	<i>THOLLIEZ</i>	CNPP (Centre National de Prévention et de Protection)
<i>Bernard</i>	<i>VALENTIN</i>	Cabinet Bernard Valentin & Associés
<i>Christophe</i>	<i>WEISS</i>	APL FRANCE

TABLE DES MATIERES

1 -INTRODUCTION	4
2 -RISQUES	6
2.1 - Les perturbations électriques transmises.....	6
2.1.1 - Perturbations qui n'affectent pas la forme de l'onde électrique.....	6
2.1.2 - Perturbations qui affectent la forme de l'onde électrique	7
2.1.3 - Autres types de perturbations.....	7
2.2 - Les perturbations électriques rayonnées.....	8
2.3 - Les références de potentiel multiples.....	8
2.4 - L'électricité statique	8
2.5 - La foudre	8
3 -PARAMETRES	10
3.1 - Les différents types de matériels	10
3.2 - L'environnement industriel.....	10
3.3 - Les réseaux de distribution publique	10
3.4 - Le foudroiement	11
4 -MOYENS DE PROTECTION	12
4.1 - La structure et la source de l'installation	12
4.1.1 - Structure.....	12
4.1.2 - Source.....	12
4.1.3 - Régime de neutre.....	13
4.2 - La qualité des câblages et des connexions	13
4.2.1 - Câblages	13
4.2.2 - Connexions	14
4.3 - La qualité des réseaux de protection et de terre	14
4.4 - Les dispositifs de sécurité et de remplacement	14
4.4.1 - Interfaces dynamiques	15
4.4.2 - Interfaces statiques	15
4.4.3 - Sources de remplacement.....	17
4.5 - Cas particulier de la foudre	17

4.6 - Cas particulier de l'électricité statique	18
4.7 - Le cahier de préparation de sites.....	19
4.8 - La distribution des données.....	19
5 - VERIFICATIONS ET MAINTENANCE.....	20
6 - SURVEILLANCE ET SUPERVISION.....	22
7 - CONCLUSION.....	24

1 - INTRODUCTION

Depuis de nombreuses années, EDF a consacré une part importante de sa capacité d'investissement à la construction de moyens de production d'énergie électrique. La quantité d'énergie est aujourd'hui une chose acquise. Au plan de la qualité, malgré les progrès importants réalisés ces dernières années, il reste encore à faire, notamment pour accéder aux mêmes niveaux de qualité que nos voisins. Ceci est d'autant plus nécessaire que les nouveaux usages de l'électricité exigent une meilleure qualité et que certaines utilisations se développent et se démocratisent. C'est notamment le cas de l'informatique, plus précisément de la micro-informatique.

Il serait cependant totalement illusoire d'espérer disposer du zéro défaut dans tous les points du territoire. Economiquement, cette situation ne se justifie d'ailleurs pas. En effet, une part importante de l'énergie électrique utilisée se satisfait de la qualité courante. Viendrait-il à l'idée de quelqu'un d'arroser ses salades avec de l'eau minérale ? Il ne doit pas non plus venir à l'idée d'alimenter un four électrique avec un onduleur !

En fait, dès lors que l'énergie électrique est distribuée, elle se trouve exposée à la pollution. Le zéro défaut est donc pratiquement impossible à coût raisonnable sur le réseau public. On note au passage que tous les consommateurs ne sont pas exposés de la même manière, puisqu'ils ne sont pas distribués de la même façon : plus ou moins grand éloignement du poste source, distribution aérienne ou souterraine, câbles nus ou isolés, ... Le facteur géographique est donc un facteur qui influe sur la qualité de l'alimentation en énergie électrique. Tous les utilisateurs ne sont donc pas égaux. Ceci est d'autant plus vrai, qu'en supplément, l'implantation géographique n'est pas indifférente devant les risques liés à la foudre.

Par ailleurs, même s'il est souvent admis que le responsable des perturbations c'est l'autre, le distributeur en l'occurrence (EDF dans la plupart des cas), il faut avoir l'objectivité de reconnaître que dans un certain nombre de cas, il n'a que la responsabilité de propager une pollution produite par d'autres utilisateurs. Même si l'énergie mise à la disposition des utilisateurs par le distributeur était parfaite, le problème de la qualité de l'alimentation des matériels sensibles d'une façon générale ne serait pas réglé. En effet les utilisateurs sont des pollueurs parce que les équipements qui utilisent cette énergie ne sont pas parfaits. Et n'en déplaise aux informaticiens, les ordinateurs et autres onduleurs sont aussi de gros pollueurs!

Cette non-qualité engendre des dysfonctionnements voire des destructions de matériels sensibles. Les sinistres et les pertes de production qui en découlent sont estimables à plusieurs milliards de francs, à tel point que la qualité de l'énergie électrique peut être considérée comme un véritable enjeu économique. Cet enjeu ne pourra être gagné qu'en combinant les efforts du distributeur avec celui des utilisateurs, des constructeurs de matériel, des concepteurs d'installations électriques, des collectivités qui aménagent les zones industrielles ou d'activités, etc.

2 - RISQUES

Nous n'allons pas traiter ici, en détail, de la définition de ces différents types de perturbations qui affectent aussi bien les réseaux publics que les réseaux privés. De nombreux ouvrages ou articles l'ont déjà fait en profondeur. C'était notamment le cas de la précédente version du dossier technique du CLUSIF qui traitait de *La Sécurité des Installations Electriques des Equipements Informatiques*¹. Nous allons donc nous contenter d'un rapide survol. Chaque type de perturbation fait l'objet d'une définition précise, que nous ne citerons pas ici, mais qui est généralement admise au plan international.

Il est cependant important de souligner que l'identification des types de perturbations ainsi que leurs quantifications sont souvent indispensables dans la conduite d'un diagnostic consécutif à un dysfonctionnement. En effet, la protection à mettre en place et la réalisation des installations pourront en dépendre. Il ne faudrait d'ailleurs pas croire que l'accumulation de protections (onduleurs, groupes électrogènes, ...) permettra de s'affranchir de toutes précautions d'installation. Le diagnostic aidera précisément à améliorer la qualité de cette installation.

2.1 Les perturbations électriques transmises

Ces perturbations peuvent être classées en 3 catégories:

- Les perturbations qui n'affectent pas la forme de l'onde électrique.
- Les perturbations qui affectent la forme de l'onde électrique.
- Les autres types de perturbation.

2.1.1 - Perturbations qui n'affectent pas la forme de l'onde électrique.

Variations rapides de tension

Elles trouvent leur origine dans le fonctionnement de certains appareils industriels (fours à arc, soudeuses, démarrage de gros moteurs, ...)

Creux de tension.

La micro-coupure n'est qu'un cas particulier de creux de tension. C'est un creux de tension de 100%. Les creux de tension compris entre 10% et 100% sont tout aussi perturbants et beaucoup plus nombreux ! Les creux de tension trouvent leur origine dans le fonctionnement de grosses machines électriques. Ils sont surtout l'une des principales conséquences des défauts qui affectent les réseaux de distributions publiques ou privés.

¹ On peut également citer l'article « La Qualité de l'alimentation électrique » dans la revue technique APAVE n° 243.

2.1.2 - Perturbations qui affectent la forme de l'onde électrique.

Harmoniques et fréquences superposées

Elles proviennent des ponts redresseurs et des alimentations à découpage, de la mise en oeuvre de certains récepteurs imparfaits, tels que les ballasts de lampes à décharge et de tubes fluorescents, ainsi que des systèmes à fréquences variables. L'origine est donc essentiellement industrielle.

Perturbations transitoires H.F.

On les appelle encore parasites, tensions impulsionnelles ou encore surtensions brèves. Ces perturbations résultent de manoeuvres sur les circuits inductifs (et ils le sont tous plus ou moins), des commutations de thyristors, de décharges électrostatiques, de surtension d'origine atmosphérique, etc.

2.1.3 - Autres types de perturbation.

Variations de fréquence.

Ce type de perturbation est pratiquement inexistant sur le réseau de distribution publique. En revanche, il n'est pas rare sur les réseaux privés lorsque ceux-ci sont alimentés, de manière permanente ou le plus souvent de manière occasionnelle, par des sources de remplacement (groupes électrogènes ou similaires), équipées de régulations de qualité médiocre ou affectées d'impacts de charges de valeurs importantes.

Variations lentes de tension.

C'est la plus classique et la plus connue des perturbations. Elle est appelée trivialement chute de tension et résulte des variations lentes de charge sur les réseaux publics ou privés.

Déséquilibres de tension.

Un réseau triphasé normal est composé de 3 phases égales en amplitude et décalées de 120 degrés. Si les charges ne sont pas équilibrées ou si les réseaux sont victimes de défauts non symétriques, les amplitudes et les phases sont déséquilibrées, ce qui a pour effet de faire apparaître des composantes néfastes sur le réseau, notamment la composante homopolaire de tension.

Composantes de tension continue.

Elles résultent de défauts sur les réseaux redressés, non galvaniquement séparés des réseaux alternatifs. La superposition de la composante continue à la sinusoïde engendre une dissymétrie de celle-ci, qui peut être préjudiciable au bon fonctionnement.

2.2 Les perturbations électriques rayonnées.

Elles trouvent leurs origines dans le rayonnement électromagnétique plus ou moins émis par tous les appareils électriques, malgré les normes de compatibilité électromagnétique qui les régissent. Pour certains de ces appareils, le rayonnement est d'ailleurs la fonction principale qui leur est attribuée. C'est le cas des émetteurs radios, des radars, ... D'autres appareils émettent des rayonnements polluants comme les ballasts des lampes à décharges ou les ballasts des tubes fluorescents. Les câbles eux-mêmes émettent des rayonnements.

Ces perturbations rayonnées sont captées par les appareils et surtout par les câbles électriques ou les conducteurs de terre et de protection qui jouent le rôle d'antenne. Elles se traduisent alors sous forme de perturbations transitoires H.F. (voir 2.1.2.2).

2.3 Les références de potentiel multiples.

Il ne s'agit pas, a priori, d'une perturbation au sens où nous l'avons entendu précédemment. Cependant, les sinistres qui en résultent engendrent des pertes considérables pour les utilisateurs qui en sont victimes et des coûts pour les assurances qui sont vraisemblablement parmi les plus importants. Ces problèmes trouvent leurs origines dans l'existence de multiples références de potentiel, conséquence de la concentration de plusieurs réseaux sur un même appareil : le réseau public de distribution d'énergie électrique, le réseau public de télécommunication, et les réseaux privés. Ces différentes références de potentiel ne sont pas interconnectables en France. Il suffit que l'une d'elles soit affectée par une modification de son potentiel (claquage, coup de foudre, etc.) pour qu'il apparaisse des différences de potentiel inacceptables pour le matériel relié aux différents réseaux (ordinateur, autocommutateur).

2.4 L'électricité statique.

L'électricité statique susceptible d'être accumulée par le corps humain est énorme et les potentiels correspondants considérables puisqu'ils atteignent communément plusieurs milliers de volts (5000 ou 6000 Volts) et dans certains cas quelques dizaines de kilo Volts (20 à 30 kV). Lorsque cette électricité statique se décharge au travers des appareils reliés à la terre, l'énergie libérée, de plusieurs millijoules voire plusieurs dizaines de millijoules, peut produire des perturbations et même des destructions. Il convient donc de prendre des dispositions pour empêcher à la fois la génération et l'accumulation des charges, mais également pour empêcher que ces charges puissent s'écouler au travers des équipements sensibles. Il faut noter que les décharges peuvent être véhiculées depuis un endroit éloigné. On a déjà signalé par exemple des destructions d'autocommutateurs téléphoniques par une décharge transmise par les câbles téléphoniques et résultant d'un amorçage entre un employé chargé en électricité statique et le combiné téléphonique qu'il utilisait.

2.5 La foudre.

La foudre peut influencer de différentes manières sur le système d'information. Le foudroiement direct est très certainement le risque le plus rare. En revanche, les écarts de potentiels résultant du foudroiement d'un des réseaux en rapport avec le système est lui beaucoup plus courant : réseau électrique public, réseau électrique privé, réseau téléphonique, réseau de terre, etc. Il en résulte des perturbations conduites ou rayonnées du type de celles que nous avons évoquées. Dans tous ces cas, l'énergie mise en jeu est suffisante pour occasionner des destructions.

Indépendamment de ces cas, la foudre peut simplement être à l'origine de coupure de l'alimentation électrique, avec les conséquences qui en découlent au plan logique et en perte d'exploitation (cas des gros systèmes distribués)

3 - PARAMETRES

L'objectif est d'énoncer ici les principaux paramètres à prendre en compte dans une démarche de mise en sécurité de l'alimentation électrique des systèmes informatiques.

3.1 Les différents types de matériels.

Tous les équipements ne présentent pas le même niveau de « susceptibilité² » aux perturbations. Certains sont des perturbateurs alors que d'autres sont les victimes des perturbations. Et parmi ceux-ci, le degré de sensibilité peut être plus ou moins grand. Certains sont insensibles aux perturbations, d'autres le sont un peu (on parle de matériels sensibles), d'autres encore le sont beaucoup (on parle de matériels très sensibles). Il est donc indispensable de faire un inventaire, en classant les équipements en plusieurs catégories:

- Matériel perturbateur: moteurs, appareils de soudage, ...
- Matériel neutre: appareils de chauffage à résistance, ...
- Matériel sensible: imprimantes, micro-ordinateurs...
- Matériel très sensible: ordinateurs,...

3.2 L'environnement industriel.

Nous avons indiqué que la pollution des réseaux électriques provenait pour une part importante des usages industriels de l'électricité. Ceci signifie que tous les utilisateurs ne sont pas logés à la même enseigne. Le réseau d'alimentation des matériels sensibles sera donc beaucoup plus agressé dans un environnement industriel lourd que dans une activité tertiaire et beaucoup plus agressé dans une zone industrielle que dans une zone de bureaux. Les dispositions à prendre seront plus sévères dans le premier cas que dans le second.

3.3 Les réseaux de distribution publique.

En gros, le nombre de défauts affectant les réseaux électriques est proportionnel à la longueur des lignes depuis le poste source. L'équation est donc simple! Il est plus probable d'avoir des défauts quand on est en zone rurale à 50 km d'un poste source (le m² n'y est pas cher!) qu'en zone urbaine, à proximité des postes sources. Tous les entrepreneurs français ne sont pas égaux devant la qualité de l'énergie. D'autres éléments se superposent d'ailleurs : lignes aériennes (éventuellement nues) dans un cas, lignes souterraines dans l'autre. Les premières sont plus souvent victimes d'avaries : foudre, tempête, défauts liés aux contacts avec des arbres, des oiseaux, etc.

3.4 Le foudroiement.

² C'est le terme consacré pour désigner la sensibilité d'un matériel aux perturbations.

Les risques de foudroiement ne sont pas identiques dans tous les points du territoire. Il existe une carte nationale des niveaux kérauniques, qui traduisent les probabilités de foudroiement. Certains points (altitude, exposition, nature du sous-sol) méritent une meilleure protection que d'autres. Il faut également avoir en mémoire que la perturbation peut être générée aussi bien par l'élévation en potentiel du réseau électrique (foudroiement sur le réseau) que par une élévation du potentiel de la terre (foudroiement de la surface équipotentielle).

La foudre engendre également des perturbations par la simple émission de l'impulsion électromagnétique, récupérée par les câbles qui font antenne. Cette impulsion, qui produit un craquement dans le poste radio, n'est pas inoffensive pour les ordinateurs, à l'intérieur desquels elle pénètre par propagation sur les câbles d'alimentation (en effet, contrairement au poste radio, les ordinateurs sont blindés, et ne sont donc pas concernés par les impulsions rayonnées). Ces émissions ont lieu aussi bien lors de décharges nuage/terre qu'à l'occasion des décharges entre nuages.

4 – MOYENS DE PROTECTION

La mise en place d'interfaces sophistiquées n'est pas la panacée. Cet investissement est même totalement inopérant si on ne respecte pas les règles de base. C'est la raison pour laquelle les choses sont présentées dans l'ordre qui suit.

4.1 Les structure et la source de l'installation.

L'alimentation du matériel sensible doit se faire avec 2 objectifs principaux:

- Réduire autant que faire se peut le nombre de perturbations.
- Réduire autant que faire se peut l'amplitude des perturbations.

Ceci aboutit à quelques règles simples relatives à la structure de l'installation et à la source d'alimentation :

4.1.1 - Structure.

On ne doit pas mélanger les appareils perturbateurs des appareils susceptibles d'être perturbés. Il en résulte une structure d'installation où les départs alimentant les appareils perturbateurs sont nettement distingués de ceux qui alimentent les appareils sensibles. Par ailleurs, on utilisera des matériels les moins perturbateurs (et ce ne sont pas forcément les moins chers) d'un côté et les moins sensibles de l'autre. Par exemple, un tube fluorescent qui génère peu d'harmoniques de rang 3 (150 Hz), sera plus coûteux qu'un appareil de bas de gamme.

Pour réduire l'amplitude des perturbations susceptibles d'être transmises des appareils perturbateurs vers les appareils sensibles, il faut que les points de connexion entre les 2 types de départs se fassent le plus haut possible dans l'installation³.

4.1.2 - Source.

Il faut aussi que la source soit d'une puissance suffisante. Par exemple, un transformateur dont la puissance serait un peu juste au regard des moteurs qu'il alimente serait affecté par le démarrage de ceux-ci et répercuterait sa chute de tension sur tous les autres départs y compris ceux qui alimentent le serveur. Dans ce cas il faut trouver un point commun entre les réseaux qui soit plus haut dans l'installation pour réduire l'impédance de court-circuit. Dans la pratique, soit on installera un transformateur plus puissant, soit on installera un second transformateur pour alimenter le matériel sensible⁴. Ce type de problème se rencontre plus souvent sur l'alimentation par des sources de remplacement.

Indépendamment de cela, il faut indiquer que toutes les sources ne sont pas équivalentes devant les perturbations. Selon le couplage choisi pour le transformateur, on pourra par exemple transmettre ou arrêter une perturbation. Selon sa tension de court-circuit, selon l'existence ou non d'écrans, on sera plus ou moins vulnérable, etc.

³ Sans faire un cours d'électricité, chacun comprendra que plus on est "haut" (c'est à dire plus proche de la source) dans l'installation, plus la puissance de court-circuit disponible est élevée et donc plus l'impédance du réseau est faible. Plus l'impédance est faible, moins la perturbation aura d'effet.

⁴ Dans ce cas, le point de connexion entre les 2 réseaux est "reporté" en Haute Tension, là où l'impédance est minimale. C'est la meilleure solution lorsque l'on est confronté à des problèmes de grosses machines perturbantes.

4.1.3 - Régime de neutre.

Le problème ne se pose pratiquement plus. Cela fait tout juste 20 ans que les plus téméraires ont travaillé pour imposer la « Mise au neutre ». Ce travail a en effet commencé en 1972 !

Aujourd'hui, la partie est gagnée et tout le monde a compris qu'il n'y avait pas réellement d'alternative. En effet, la « Mise au neutre » s'impose comme la généralité, et le « Neutre isolé ou impédant » comme l'exception. L'inverse d'il y a 20 ans. La « Mise au neutre » s'est imposée, parce que c'était la solution la moins onéreuse, à qualité supérieure, notamment par son aptitude à éliminer spontanément les défauts que d'aucun s'ingéniait à maintenir, en oubliant qu'un défaut c'est une perturbation et que la perturbation est l'ennemi des équipements sensibles.

Alors que la « Mise au neutre » était réservée aux installations de qualité il y a une dizaine d'années, elle s'est aujourd'hui largement généralisée, et c'est tant mieux, compte tenu de la dispersion de la micro informatique. A quand le réseau de distribution publique Basse Tension en mise au neutre (ce qui apporterait en outre un avantage considérable pour la lutte contre les conséquences du foudroiement).

4.2 La qualité des câblages et des connexions.

Lorsque l'on réalise un réseau de qualité, il ne faut pas se contenter de sources de qualité. Il faut également prendre un soin tout à fait particulier aux autres éléments du réseau, notamment les câblages et les connexions.

4.2.1 - Câblages.

Trois paramètres sont essentiels:

- **Le choix du câble.** On prendra un câble industriel, comportant son propre conducteur de protection. Si cela s'avère nécessaire, il disposera, en plus, d'un feuillard ou d'une tresse pour assurer son blindage. Mais c'est rarement indispensable.
- **La pose du câble.** Un câble doit être convenablement posé. Par exemple en chemin de câbles ou en goulotte. On portera une attention toute particulière à d'éventuelles canalisations réalisées en câbles monophasés. Dans ce cas, le mode de pose est primordial. Les câbles doivent être identifiés ou, pour le moins, identifiables. Cet aspect est important pour la maintenance. D'une façon générale, des câbles « en pagaille » laissent penser que la situation n'est pas maîtrisée, et qu'en conséquence, on peut émettre des doutes quant à la sûreté de l'installation.
- **Le trajet des câbles.** Nous avons insisté à plusieurs reprises sur la nécessité de ne pas mélanger les perturbateurs et les sensibles. Nous avons vu également que les perturbations pouvaient être conduites ou rayonnées. Il résulte de ces préambules que les câbles alimentant les matériels sensibles ne doivent pas côtoyer ceux qui alimentent des matériels perturbateurs, à moins d'être rendus insensibles (on dit durcis), c'est à dire pratiquement (et trivialement) blindés. Il faut également que ces câbles ne passent pas au voisinage de matériels perturbateurs. On peut à ce titre citer un câble de liaison entre un onduleur et un ordinateur (un mini en l'occurrence) qui passait à quelques centimètres d'un ballast de tube fluorescent. A chaque fois que le ballast était mis sous tension, il en résultait un « plantage » du mini. Enfin, en terme de prévention, on fera en sorte que l'alimentation de secours ait un trajet différent de l'alimentation normale. Il serait dommage de détruire les 2 alimentations en un seul sinistre !

4.2.2 - Connexions.

Même si cela va de soi, il n'est peut être pas inutile de rappeler que les connexions sont des points faibles. On les soignera donc en mettant en oeuvre du matériel approprié. Il faudra également en assurer la surveillance, et en particulier procéder aux resserrages après la mise en service. Là encore, l'identification n'est pas un luxe. On verra également ci-après que la qualité des connexions sur les circuits de protection est aussi importante que sur les conducteurs actifs. Un blindage a vite fait de passer du statut d'écran au statut d'antenne !

4.3 La qualité des réseaux de protection et de terre.

Le réseau de terre doit constituer une référence de potentiel stable, ce qui implique une valeur de prise de terre intrinsèque faible (3 à 10 ohms). La sécurité d'une installation électrique alimentant des équipements sensibles ne peut se satisfaire d'une référence de potentiel reposant sur des interconnexions aléatoires. Un tel réseau doit être réalisé avec du matériel de qualité (conducteurs, connexions, ...) convenablement posé et dont l'accessibilité des éléments essentiels est garantie, pour la surveillance.

Le réseau doit être spécialisé mais interconnecté en un point identifié, d'impédance minimale, c'est à dire, en pratique, au niveau du puits de terre. Si l'on n'est pas assuré de la valeur intrinsèque de la prise de terre du réseau de qualité, il est préférable d'en constituer une, et de l'interconnecter ensuite comme indiqué ci-dessus.

Dans certains cas, le réseau de terre devra être lui-même blindé ; ce sera notamment nécessaire lorsque les canalisations avoisinent avec des canalisations polluées ou lorsqu'elles sont susceptibles de capter des impulsions électromagnétiques rayonnées. Le blindage remplit, pour les conducteurs de protection, le rôle joué par les interfaces (onduleurs ou autre) pour les conducteurs actifs. C'est donc un rôle important. Cependant, le recours au blindage des conducteurs de protection n'est généralement pas nécessaire, si l'installation est correctement réalisée. D'ailleurs, lorsque l'on y a recours, la mise en oeuvre est extrêmement délicate. Il faut en effet assurer la continuité des mises à la terre des blindages, sans perturber le potentiel des conducteurs de protection « propres ».

Enfin, le conducteur de protection doit toujours être incorporé à la canalisation qui alimente l'appareil ou la partie d'installation.

4.4 Les dispositifs de sécurité et de remplacement.

Nous avons vu que les réseaux électriques publics et privés sont des réseaux ordinaires affectés par un certain nombre de perturbations qui résultent des contraintes de la distribution, de l'usage industriel de l'électricité ou encore de phénomènes plus aléatoires, tels que les phénomènes d'origine atmosphérique.

Ces perturbations dont nous avons fait l'inventaire occasionnent :

- des déclenchements intempestifs sur les réseaux, privant ainsi les utilisateurs d'énergie,
- des destructions de matériel,
- un vieillissement accéléré de certains équipements ou installations,
- l'altération d'informations et la perte de fichiers informatiques,
- des pertes d'exploitation.

Au bout du compte, il faut faire face à des sinistres qui peuvent s'avérer trop fréquents et/ou trop importants.

En prenant quelques précautions d'ordre organisationnel au niveau des installations, on peut réduire considérablement ces perturbations ou leurs effets. C'était l'objet des chapitres précédents. Ces dispositions peuvent d'ailleurs suffire à l'alimentation des micro-ordinateurs, où, dans bien des cas, seul le serveur fait l'objet d'un traitement spécifique. Il est néanmoins très souvent nécessaire de réaliser un réseau spécialisé de **haute qualité**, constitué à partir d'une interface interposée entre le réseau ordinaire et le réseau de **haute qualité**.

Il existe deux grandes catégories d'interface :

- les interfaces dynamiques,
- les interfaces statiques.

On n'oubliera pas que le choix de la source de haute qualité, que la conception de l'installation dans laquelle elle s'insère, que la réception de ces installations et notamment la vérification de l'adéquation avec les autres composants de l'installation, ne sont pas à prendre à la légère. L'appel à des professionnels expérimentés est à recommander, en raison des enjeux.

4.4.1 - Interfaces dynamiques.

Il faut bien le reconnaître, ces interfaces, encore nombreuses en service, sont en déclin au niveau des installations neuves. Ces installations restent performantes, mais sont un peu (beaucoup ?) passées de mode. Il y a de moins en moins d'électrotechniciens sur le marché ! L'amélioration des performances et de la fiabilité des interfaces statiques y est aussi pour beaucoup.

On rencontre principalement deux types d'installations :

- **les groupes dynamiques** constitués d'un moteur asynchrone entraînant un volant d'inertie et un alternateur. L'autonomie est assurée par l'énergie emmagasinée dans le volant d'inertie. Elle est faible mais permet de « passer » les simples creux de tension.
- **les groupes dynamiques à moteur continu et à autonomie par batteries**. Un moteur à courant continu entraîne un volant d'inertie et un alternateur. En temps normal, ce moteur est alimenté par le réseau au travers d'un redresseur-chargeur ; en cas de défaillance du réseau, les batteries en tampon, maintenues en charge par le redresseur-chargeur, prennent le relais.

4.4.2 - Interfaces statiques.

En les classant par ordre de sophistication, on trouve :

- **les transformateurs d'isolement**. S'ils sont équipés d'écrans électrostatiques, ils contribuent à l'élimination des parasites H.F., et des tensions de mode commun en autorisant la « fabrication » d'un réseau local en schéma TN (mise au neutre - voir 4.1.3). Il ne faut pas en exiger davantage.
- **les régulateurs de tension**. Un dispositif électronique vient compléter le transformateur d'isolement. Ce dispositif permet, en plus des avantages du transformateur d'isolement, décrits ci-dessus, de compenser des variations *lentes* de tension.
- **les conditionneurs de réseaux**. Cet appareil est dérivé du précédent par adjonction de filtres capacitifs permettant « d'encaisser », en plus, des variations brusques de tension et même des creux de tension de courte durée. (comme un volant d'inertie en quelque sorte !)
- **les onduleurs stand-by (ou off-line)**. Ces dispositifs ne devraient pas être considérés comme des interfaces, puisqu'ils ne sont pas interposés entre l'appareil utilisateur et le réseau, mais en dérivation de celui-ci. Ces dispositifs, qu'il ne faut surtout pas confondre avec les *vrais* onduleurs (attention aux

informations tendancieuses !) ont pour vocation d'intervenir sur micro-coupures, avec un délai de commutation d'une ou deux alternances. Ce qui peut convenir en micro-informatique. Certains micro-ordinateurs incorporent d'ailleurs ces dispositifs qui se résument à une carte standard. En effet, le fait que ces composants ne sont sollicités que pendant de brèves périodes les autorise à avoir des performances intéressantes.

- **les onduleurs.** Ces appareils ne doivent pas être confondus avec les précédents. Il s'agit en l'occurrence d'une véritable interface, sollicitée en permanence et dont l'efficacité va bien au-delà de la micro-coupure. **C'est le nec plus ultra de la protection.** Il s'agit en fait d'un ensemble redresseur-onduleur-batteries, appelé *interface statique sans coupure*. Les batteries en tampon assurent en général une autonomie suffisante de 10 à 15 minutes. Cet ensemble peut être court-circuité par un *bypass* statique destiné à emprunter au réseau les besoins supplémentaires et momentanés de puissance. Il existe bien deux types d'onduleurs, les onduleurs ferro-résonnants, de technologie ancienne, et les onduleurs électroniques. Aujourd'hui, seuls les seconds sont commercialisés.

TABLEAU DE SYNTHÈSE

	Parasites H.F.	Variations de tension	Creux de tension	Coupures	Variations de fréquence
Transformateur					
Régulateur					
Conditionneur			si faible durée		
Stand-by			avec temps commutation	avec temps commutation	
Onduleur					
Groupe moteur continu					
Groupe moteur alternatif		si faible durée	si faible durée		

4.4.3 - Sources de remplacement.

Elles jouent évidemment un rôle dans la sécurité globale de l'alimentation électrique d'un site informatique. L'objectif de ce type d'alimentation est de pourvoir au remplacement de la source principale en cas de

défaillance de celle-ci, et ceci, de façon quasi permanente. Il ne faut donc pas les confondre avec les interfaces évoquées ci-dessus, dont les objectifs sont:

- d'assurer une alimentation d'une qualité suffisante,
- de procurer une autonomie suffisante pour assurer un arrêt propre du système, ou de permettre précisément la reprise de l'alimentation principale, par une source de remplacement.

Dans la pratique, la source de remplacement autonome est généralement assurée par un groupe électrogène, bien que l'on puisse rencontrer d'autres solutions (turbine à gaz).

Le choix, l'installation et la mise en service de tels dispositifs nécessitent un minimum de précautions. En effet, contrairement au réseau principal, la puissance de la source n'est pas *infinie*, par rapport aux installations à alimenter. Ces sources risquent donc d'être inopérantes dans leur capacité à alimenter le système informatique, au travers d'une interface de qualité. On peut évoquer, à titre d'exemple, deux problèmes qui se rencontrent couramment:

- lorsque l'onduleur est sollicité, ponctuellement, au-delà de sa capacité nominale (mise en route de disques par exemple), il emprunte au réseau le supplément de puissance, via le by-pass statique. Si la qualité du réseau n'est pas dans une fourchette acceptable, le système de sécurité de l'onduleur, n'autorisera pas la commutation, et il se mettra en sécurité.
- nous l'avons dit, l'onduleur est aussi un perturbateur. En particulier, il est un gros producteur d'harmoniques. Celles-ci sont mal acceptées par les alternateurs.

Il ne s'agit là que d'exemples. Ils n'ont pas d'autres objectifs que d'attirer l'attention sur la nécessité de faire appel à des professionnels pour la définition, et la réception des « centrales à énergie totale ».

4.5 Cas particulier de la foudre.

Le cas de la foudre est un cas qui n'est pas toujours facile à résoudre, parce qu'il est complexe d'abord et aussi parce que la connaissance théorique du phénomène est encore insuffisante. Il faut donc faire preuve d'humilité, ce qui n'empêche pas d'affirmer des certitudes ! Ce qui permet de prendre des dispositions tant à la conception des installations qu'à l'exploitation de celles-ci.

Pour ce qui concerne l'exploitation, nous avons indiqué le risque réel de coupure de l'alimentation du réseau public en cas de coup de foudre. Si le site informatique se trouve dans une zone vulnérable, si le réseau public est aérien, si ce sera une sage précaution de s'alimenter à partir de la source de remplacement, en cas d'alerte.

Pour ce qui concerne la conception, il faut examiner trois voies.

- **la protection des bâtiments contre les foudroiements directs.** Dans la pratique, cette protection se fait par l'installation de paratonnerres. La protection par cage de Faraday est réservée à des situations exceptionnelles. Cependant, un certain nombre de principes de protection par cage de Faraday peuvent être utilisés dans la mise en oeuvre d'une protection par paratonnerre. Un seul mot d'ordre : une installation mal étudiée ou mal réalisée est plus dangereuse qu'une absence d'installation. Une installation bien réalisée ne sera pas dangereuse, mais pourra être mise en défaut. Sans entrer dans la théorie de la foudre, il faut savoir que les installations, réalisées dans des conditions économiques acceptables, ne sont efficaces, que pour des coups de foudre développant une certaine énergie (c'est vrai aussi pour les cages de Faraday, l'efficacité à 100% ne se conçoit que dans une *boite* de Faraday!)

Les principaux défauts rencontrés dans ces installations se trouvent au niveau des interconnexions des descentes avec le réseau de terre d'une part, et avec d'autres éléments conducteurs d'autres part. Là encore, le recours à des *vrais* spécialistes s'imposent.

- **la protection de l'alimentation électrique.** Cette alimentation est susceptible de propager des décharges atmosphériques⁵ provenant de l'extérieur, et de les introduire dans le site. Dans la pratique, la protection se fait par parafoudres, que l'on préférera aux simples éclateurs.
- **la protection des transmissions de données.** C'est l'une des sources les plus nombreuses de problèmes. La protection doit être systématisée, et réalisée par dispositifs appropriés, généralement des parafoudres.

Enfin, un dernier point pour guider le raisonnement. Nous avons insisté sur le fait que la protection repose sur des équipotentialités. Il faut bien comprendre, qu'en matière de décharges atmosphériques, la simple loi d'Ohm ne suffit pas au raisonnement. Les fronts raides qui caractérisent ces décharges les font assimiler à des signaux de très hautes fréquences. On se retrouve dans un régime de propagation d'ondes, qui oblige à prendre en compte le facteur temps de propagation. Cette observation conduit, éventuellement à multiplier les mises à la terre du neutre dans une installation à mise au neutre, à être attentif lorsqu'un réseau informatique alimente des bâtiments séparés, etc.

4.6 Cas particulier de l'électricité statique.

L'électricité statique est un véritable fléau pour les équipements sensibles. Les « plantages » s'ajoutent aux destructions!

Comme il est difficile de limiter la production d'électricité statique, il faut faire en sorte qu'elle puisse s'éliminer autrement qu'au travers des ordinateurs. Les solutions existent. Généralement, les sites informatiques sont biens protégés grâce au plancher technique, construit en matériaux conducteurs.

La protection est plus difficile pour les postes isolés: micro-ordinateurs, terminaux. Et ces cas sont de plus en plus nombreux en raison de l'évolution des systèmes informatiques. Les solutions: des tapis spéciaux, en matériaux conducteurs, et reliés à la terre, mais aussi des précautions au niveau des raccordements au *central* des câbles de liaisons provenant de postes isolés.

Il faut cependant faire un effort de limitation de la production d'électricité statique. Le réglage de la climatisation (hygrométrie) y contribue, quand elle existe. Le choix des revêtements de sol est également important (attention à la mise en oeuvre!). On peut aussi recommander aux opérateurs de ne pas utiliser des vêtements trop gros producteurs d'électricité statique.

4.7 Les cahiers de préparation de sites.

Ces cahiers constituent pour le fournisseur d'équipements informatiques le cahier des charges que devra respecter l'utilisateur pour, entre autres choses, alimenter en énergie le système. Ce sont évidemment des éléments à ne pas négliger, d'autant qu'ils font souvent partie de l'un des éléments qui conditionnera

⁵ A ce propos, il faut souligner qu'il peut y avoir décharge atmosphérique, sans que la manifestation soit audible ! Il n'y a pas de coup de tonnerres sans décharge, mais l'inverse existe !

l'application de la garantie. Ces prescriptions mettent en avant des considérations qui vont au-delà des indications fournies ci-dessus. Par exemple, les considérations liées à la maintenabilité des installations sont des considérations que seul le fournisseur du système connaît, puisque c'est précisément lui qui assurera cette maintenance. C'est vrai aussi de certaines considérations liées à la sécurité des intervenants du prestataire.

Il faut donc analyser avec attention ces cahiers des charges, en faisant la part de ce qui relève éventuellement de la clause abusive, dans les exigences qui sont formulées. Etant entendu que dans tous les cas, il faudra contractualiser les points sur lesquels on s'est mis d'accord.

4.8 La distribution des données.

La transmission des informations peut elle-même être perturbée. Le réseau de transmission de données doit donc faire l'objet d'un minimum d'attention.

Nous avons vu ce qu'il en était pour les problèmes liés aux décharges atmosphériques. Pour les perturbations rayonnées dont ces réseaux pourraient être les victimes, la plupart des informations données pour les câbles d'énergie s'appliquent : séparation des câbles d'énergie, éloignement des sources de perturbation, etc.

Cependant, le fait que les câbles soient généralement blindés réduit le problème à des considérations plus banales : continuité des blindages, mise à la terre, qualité des blindages, etc.

5 – VERIFICATIONS ET MAINTENANCE

De telles installations doivent évidemment faire l'objet d'une attention particulière. Les vérifications périodiques réglementaires devront être réalisées, mais ce n'est pas suffisant.

Ces installations doivent, en effet, présenter un maximum de disponibilité, il est donc nécessaire de réaliser des inspections dans l'objectif de s'assurer de leur bon état. L'entretien courant devra également être réalisé.

Comme ces installations doivent fonctionner en permanence, cela induit quelques suggestions au moment de leur conception. En particulier, la maintenabilité devra être particulièrement étudiée, aussi bien au niveau de la structure de l'installation, que du type de matériel ou encore que de la disposition des composants de l'installation (il est plus facile de faire des travaux de maintenance sous tension dans une armoire vaste que dans une armoire où tous les composants sont entassés).

Au plan de la surveillance, on utilise de plus en plus des moyens d'investigation comme les caméras infrarouges, particulièrement adaptées au suivi d'installations en service (armoires électriques, interfaces).

Pour ce qui concerne les interfaces, un contrat de maintenance, avec une clause d'intervention rapide, est indispensable.

6 – SURVEILLANCE ET SUPERVISION

Dans le cas d'installations relativement complexes avec des sources de sécurité, des sources de remplacement, ..., il est nécessaire de mettre en place un système de surveillance du bon fonctionnement de ces installations.

Ces systèmes de supervision ne seront pas forcément réservés exclusivement à l'alimentation électrique. Dans la pratique, il s'agira plutôt de mettre en place une Gestion Technique Centralisée, pour la supervision de l'ensemble des installations techniques qui concourent à la sécurité et à la sûreté de fonctionnement du site. Il reste évident que toutes les dispositions seront prises pour maintenir la continuité et l'efficacité de ce système en toute circonstance (la nuit, le week-end, etc.) .

7 - CONCLUSION

Ces différentes recommandations concourent à la sécurisation d'un site informatique en apportant une alimentation électrique fiable et de qualité. Cependant, ce document n'est qu'un document destiné à attirer l'attention des responsables informatiques sur les problèmes liés à l'alimentation électrique. Il doit servir, en premier lieu, à fournir des éléments pour construire un cahier des charges. Il peut par ailleurs apporter un complément de culture technique de nature à augmenter la pertinence des dialogues avec les partenaires.

Le risque principal serait de croire que l'accumulation de dispositifs sophistiqués suffit pour obtenir une sécurité convenable. Nous avons essayé de démontrer qu'il n'en est rien. En effet, les conditions d'installation et de mise en oeuvre sont importantes pour ne pas dire déterminantes pour la sécurité. Si une interface n'est pas convenablement mise en oeuvre, le résultat sera le même que s'il n'y avait pas eu d'interface, sauf que l'installation aura coûté beaucoup plus cher !

Un recours à des spécialistes est toujours souhaitable lorsque l'entreprise s'engage dans un projet de réalisation ou de modernisation d'une installation électrique de qualité. C'est également vrai lorsqu'un diagnostic est nécessaire, à la suite de dysfonctionnements constatés. En effet, en sécurité physique, comme c'est souvent le cas d'ailleurs en sécurité, l'approche doit être globale.

Si il arrive que l'installation électrique soit à l'origine de ces dysfonctionnements, il n'est pas rare qu'on lui attribue un dysfonctionnement dont l'origine est en réalité à rechercher ailleurs : mauvaise régulation de la climatisation, problème d'électricité statique, problème d'environnement radioélectrique, ou même, mauvais fonctionnement de l'ordinateur. L'approche globale est donc un facteur de réussite pour bien répondre aux exigences : projet, diagnostic, etc.

Il est une pratique courante qui consiste à faire appel à des fournisseurs ou distributeurs de matériel pour ces phases d'établissement de projet ou de diagnostic. Sans mettre en cause l'intégrité de ces professions, il apparaîtra évident à toutes les personnes de bonne foi qu'un constructeur ou un distributeur ne peut que préconiser les solutions qu'il développe ou qu'il commercialise. Et, selon les circonstances, elles ne seront pas forcément les meilleures. Et même les plus ressemblantes ne sont pas identiques !

Force est de constater qu'il existe sur le marché des solutions performantes pour régler à peu près tous les problèmes, à des coûts qui sont acceptables, en regard notamment du coût des sinistres potentiels. En point final, rappelons qu'un équipement sophistiqué n'est rien s'il n'est pas mis en oeuvre par des professionnels dignes de ce nom. Tous les bons professionnels de l'électricité ne sont pas qualifiés pour la réalisation d'installations de qualité informatique.