



HAL
open science

Prévention des contacts directs avec des lignes électriques aériennes dans des zones à activités industrielles ou artisanales.

J.C. Gilet

► **To cite this version:**

J.C. Gilet. Prévention des contacts directs avec des lignes électriques aériennes dans des zones à activités industrielles ou artisanales.. [Rapport de recherche] Notes scientifiques et techniques de l'INRS NS 78, Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). 1990, 120 p., ill., bibliogr. hal-01420212

HAL Id: hal-01420212

<https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-01420212>

Submitted on 20 Dec 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

JUIN 1990

N° ISSN 0397-4529

78

**PREVENTION
DES CONTACTS DIRECTS
AVEC DES LIGNES
ELECTRIQUES AERIENNES
DANS DES ZONES
A ACTIVITES
INDUSTRIELLES
OU ARTISANALES**

J.C. GILET

**INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SÉCURITÉ
SIÈGE SOCIAL :
30, RUE OLIVIER-NOYER, 75680 PARIS CEDEX 14
CENTRE DE RECHERCHE
AVENUE DE BOURGOGNE, 54501 VANDŒUVRE CEDEX**

SOMMAIRE

	Pages
1 - POINT DE DEPART DE L'ETUDE	
1.1 Zone industrielle de Vitrolles (Bouches-du-Rhône)	4
1.2 Zone industrielle de Gardanne la Palun (Bouches-du-Rhône)	5
1.3 Zone industrielle du Havre	5
1.4 Zone industrielle de Lillebonne	5
1.5 Zone artisanale de Montivilliers (proximité du Havre)	5
1.6 Extension de l'étude	6
2 - EXAMEN DES STATISTIQUES D'ACCIDENTS	
2.1 Les accidents dans le régime agricole	7
2.2 Les accidents dans le régime général de la Sécurité Sociale	7
2.2.1 Elément matériel 3911	9
2.2.2 Elément matériel 3912	9
3 - LA REGLEMENTATION EXISTANTE	
3.1 Le code de l'urbanisme	11
3.1.1 La procédure d'aménagement des zones industrielles	11
3.1.2 Le permis de construire des bâtiments	12
3.2 L'arrêté du 26 mai 1978	13
3.3 Le décret du 8 janvier 1965	13
3.4 Le décret du 14 novembre 1988	13
3.5 La publication UTE C 18-510	13
4 - MECANISME DE L'ACCIDENT	
4.1 Rappels théoriques	14
4.1.1 Les installations de transport ou de distribution publique d'énergie électrique - les mises à la terre	14
4.1.2 Dispositifs de protection des lignes électriques "moyenne tension" contre les défauts à la terre	16
4.1.3 La terre	17
4.1.4 La tension de pas	17
4.1.5 Les distances de sécurité	18
4.1.5.1 La distance d'amorçage	18
4.1.5.2 La distance de travail	19
4.2 Contact accidentel d'un appareil ou d'un engin avec un ouvrage aérien	21
4.2.1 Configuration de l'installation et circuit de défaut	21
4.2.2 Personnel accompagnant la charge	23
4.2.3 Cas de l'opérateur porté de l'appareil ou de l'engin	25
4.2.4 Conduite à tenir en cas de contact accidentel	25
4.3 Contact accidentel, sans implication de véhicule, avec un ouvrage aérien sous tension	26

5	-	TYPOLOGIE DES ACCIDENTS	
5.1		Analyse descriptive des accidents	27
5.1.1		Accidents survenus dans les zones industrielles ou similaires	28
5.1.2		Accidents survenus hors zones industrielles	36
5.2		Classification des accidents	57
5.2.1		Déplacement d'un échafaudage	59
5.2.2		Conduite d'un engin	59
5.2.3		Aides au sol	60
5.2.4		Echelles	60
5.2.5		Objets conducteurs longs	60
5.2.6		Divers	60
5.3		Répartition des accidents par comité technique national	60
5.4		Répartition des accidents suivant la tension de la ligne	63
6	-	SITUATIONS PRINCIPALES DE RISQUES	
7	-	FACTEURS POTENTIELS D'ACCIDENTS	
7.1		Conducteur nus sous tension	65
7.2		Non identification du risque	65
7.3		Utilisation d'un élément conducteur de grande hauteur (ou longueur)	66
7.4		Contact de la victime entre le sol et l'élément de grande hauteur (ou longueur)	66
7.5		Accès ou abandon de la cabine de conduite	66
7.6		Réenclenchements automatiques sur la ligne	66
7.7		Absence de surveillant	67
8	-	EXAMEN DES MESURES DE PREVENTION ENVISAGEABLES	
8.1		Formation et information du personnel	69
8.2		Prévention intégrée	69
8.2.1		Par modification du réseau électrique	69
8.2.2		Par modification du mode de travail	69
8.3		Mise hors tension	70
8.4		Isolation	71
8.4.1		Isolation des conducteurs	71
8.4.2		Isolation du matériau en contact avec la ligne	71
8.5		Eloignement	71
8.6		Mise en place d'obstacles ou de portiques avertisseurs	72
8.7		Mise en place de consignes et panneaux avertisseurs	72
8.8		Présence d'un surveillant	72
8.9		Mise en souterrain du réseau	73
8.10		Détecteurs de lignes électriques	76
8.10.1		Principe de fonctionnement des détecteurs de champ électrique	76
8.10.2		Caractéristiques nécessaires de ces détecteurs	78
8.10.3		Principaux fabricants	78
8.11		Dispositifs limiteurs de portée	78
8.12		Détecteurs d'objets en mouvement	79
8.13		Equipements de protection individuelle	79
8.14		Dispositifs à télécommande	79
8.15		Elingues isolantes	80

9	- JURISPRUDENCE	
10	- RESUME	
10.1	Statistiques	80
10.1.1	Régime général de la Sécurité Sociale	80
10.1.2	Régime agricole	81
10.2	Facteurs d'accidents	81
10.3	Moyens de prévention	81
10.3.1	Actions de prévention spécifiques aux zones industrielles	81
10.3.2	Autres actions de prévention	82
10.3.3	Actions en cours	83
11	- LISTE DES ANNEXES	
1	- Photographies	
2	- Etude INRS:Accidents mortels du travail par électrocution : données d'évolution 1976-1985	
3	- Dispositifs de détection des lignes électriques (document CRAM Languedoc-Roussillon)	
4	- Statistique des accidents dans le régime agricole (M.S.A.)	
5	- Modèle de déclaration d'intention de commencement de travaux	
6	- Position E.D.F. relative aux travaux à proximité de lignes électriques aériennes	
12	- BIBLIOGRAPHIE	

1 - POINT DE DEPART DE L'ETUDE

L'INRS a une connaissance d'électrocutions ou de risques d'électrocutions dans les zones industrielles citées ci-dessous :

1.1 Zone industrielle de Vitrolles (Bouches-du-Rhône)

En 1985, le service prévention de la Caisse régionale d'assurance maladie du Sud-Est a demandé à l'INRS d'apporter son concours technique en vue d'étudier des solutions au problème rencontré par les exploitants de la zone industrielle de Vitrolles (région de Marseille) regroupant environ 350 établissements.

Dans cette zone industrielle, un accident mortel a eu lieu le 20 mars 1984 : lors de travaux de forage sur le terrain d'une entreprise, le conducteur de la foreuse verticale a mis accidentellement la flèche de cet engin en contact avec une ligne aérienne 20 kV et est mort électrocuté.

Par suite du défaut à la terre, les installations téléphoniques d'un établissement voisin ont été détruites.

D'autres accidents ou incidents sont également survenus :

- Dans une entreprise, un camion heurte un support de ligne 20 kV ; les conducteurs tombent à terre, le chauffeur du camion n'est pas électrisé mais le transformateur de l'entreprise est détruit.
- Au cours d'un travail d'entretien, un ouvrier met accidentellement son échelle en contact avec les conducteurs aériens ; il est légèrement commotionné.
- Lors d'une collision d'un véhicule avec un support électrique 20 kV, la chute des conducteurs aériens au sol est évitée de justesse par un haubanage de fortune pendant la nuit ; le support est remplacé le lendemain.

De l'avis du service prévention de la CRAM du Sud-Est et de l'Inspection du travail, les quelques cas concrets d'accidents précités sont loin de représenter l'ensemble de ceux survenus dans la zone industrielle considérée ; en particulier, il en existerait d'autres qui n'auraient pas fait l'objet d'une déclaration.

Cette supposition est d'ailleurs confortée par le relevé des déclenchements recensés en 1984 sur le réseau de distribution publique E.D.F. dans cette zone : 92 déclenchements-réenclenchements rapides, 20 déclenchements-réenclenchements lents, 8 déclenchements permanents. Bien entendu, ces déclenchements n'ont pas tous pour origine un contact direct provoqué par une intervention humaine ; parmi les autres causes, il y a lieu de citer la foudre, le contact ou la chute de branches, les oiseaux, etc...

A la suite de la demande de la Caisse régionale, l'INRS a remis à cette dernière un rapport (n° 601/RE) dans lequel étaient étudiés les différents moyens de prévention à mettre en oeuvre, tant pour la protection contre les contacts directs avec les lignes électriques aériennes, que pour la protection des matériels de télécommunications qui étaient détruits lors de l'élévation du potentiel des masses des installations. La Caisse régionale a poursuivi l'action de prévention qu'elle avait commencée, conjointement avec l'Inspection du Travail et l'INRS ; la situation qui se présente actuellement dans la zone industrielle de Vitrolles n'est pas exempte de risques, mais elle est en nette amélioration par rapport à la situation initiale. Les principaux moyens de prévention qui ont été mis en place dans les entreprises sont les suivants :

- balisages au sol et interdiction d'accès à la zone située sous la ligne HT
- mise en place de portiques, panneaux avertisseurs
- à l'issue de nombreuses réunions de travail auxquelles ont participé le Préfet, la Caisse régionale d'assurance maladie, l'Inspection du travail, E.D.F., la Direction départementale de l'équipement, la Direction régionale de l'industrie et de la recherche, l'INRS, des travaux ont été engagés par E.D.F. :

au 20 mars 1989, la situation se présentait ainsi :

Sur environ 300 entreprises de la zone industrielle, 53 ont fait l'objet d'une proposition d'E.D.F. pour modifier leur raccordement 20 kV aérien (en général remplacement par un raccordement souterrain basse tension en tarif jaune ou bleu). Parmi ces 53 demandes, 5 sont restées sans réponse, 7 sans suite donnée, et 38 en cours de réalisation. La dépense totale pour les entreprises est d'environ 560000 F, ce qui représente environ 15000 F en moyenne par entreprise.

En plus de ces travaux, E.D.F. a réalisé 23 interventions sur la voie publique pour remettre le réseau en conformité avec l'arrêté technique (en général surélévation et déplacements de poteaux et des transformateurs, mise en souterrain de quelques parties de lignes particulièrement exposées). Le montant de ces travaux est d'environ 850000 F. L'extension de la zone a été réalisée en réseau souterrain.

1.2 Zone industrielle de Gardanne la Palun (Bouches-du-Rhône)

Cette zone, implantée à proximité d'une centrale thermique, est survolée par des lignes de différentes tensions (20 kV, 63 kV, 220 kV) et présente de nombreux facteurs potentiels d'accidents, aussi importants que ceux de la zone industrielle de Vitrolles. L'extension de la zone sera réalisée en souterrain.

1.3 Zone industrielle du Havre

Dans cette zone, implantée dans un couloir de lignes 220 kV et 350 kV, la Caisse régionale d'assurance maladie de Normandie a obtenu, par son action de prévention, les résultats suivants :

- décision d'implantation des entreprises à risque (levageurs par exemple) dans une autre zone industrielle ou dans une autre partie de la zone ne présentant pas de risques semblables -aménagement des terrains avec pose de portiques au droit d'entrées, établissement de consignes et engagement par écrit qu'aucune manutention ne serait réalisée sans étude particulière préalable, après que la CRAM en ait été informée.

1.4 Zone industrielle de Lillebonne (proximité du Havre)

Dans cette zone, plusieurs accidents mortels sont déjà survenus.

Les principales mesures de prévention mises en place sont les suivantes :

- dépose par E.D.F. de lignes aériennes 20 kV longeant les voies routières principales et remplacement par des réseaux souterrains
- mise en place de portiques, panneaux avertisseurs et consignes.

1.5 Zone artisanale de Montivilliers (proximité du Havre)

Cette zone est implantée exactement sous un réseau aérien 90 kV et 220 kV. Elle n'était pas encore aménagée à la date de notre visite (mars 1988), mais comme elle est située sur un sol marécageux, un remblai sera nécessaire. La hauteur libre sous la ligne (9,50 m actuellement au point le plus bas) risque donc d'être réduite et donner naissance ainsi à une situation de risques préoccupante. De plus, comme dans les autres zones industrielles, l'implantation d'entreprises utilisant du matériel de grande hauteur présente également un risque important. Ce problème est suivi par la CRAM de Normandie (voir des éléments de prévention au § 9-3-1).

1.6 Extension de l'étude

Devant l'importance du problème, l'INRS a pris la décision d'engager une étude de portée nationale, en y associant les Caisses régionales d'assurance maladie et la Caisse nationale de l'assurance maladie.

L'expression "zone industrielle" est conservée dans la suite du texte, mais comprend également les zones artisanales ou similaires. Ce sont les zones classées "U.E." (activités industrielles et commerciales) dans le Plan d'Organisation des Sols (P.O.S.).

2 - EXAMEN DES STATISTIQUES D'ACCIDENTS

Pour la période 1984-1987, le Service Prévention et Sécurité d'E.D.F. recense 143 accidents mortels pour les usagers et les tiers et 26 accidents mortels pour le personnel E.D.F. et des entreprises extérieures sous-traitantes d'E.D.F., soit en moyenne 42 décès par an dus au contact avec des lignes aériennes ; malheureusement, ces chiffres ne sont pas exhaustifs car les services d'E.D.F. ne sont pas systématiquement informés de ces accidents ; en particulier dans les cas (rares) où la victime n'est que légèrement commotionnée, elle ne fait souvent aucune déclaration de l'accident, par peur de sanctions éventuelles. On peut estimer le nombre total de décès à environ 50 par an.

Année		1984	1985	1986	1987	Total (non exhaustif)	Total général
nombre	usagers et tiers	38	42	29	34	143	169
d'accidents	personnel E.D.F. et entreprises extérieures sous-traitantes d'E.D.F.	3	11	6	6	26	

Tableau n° 1

Ces accidents englobent ceux qui sont survenus dans les différentes catégories socio-professionnelles (personnel du régime général de la sécurité sociale, du régime agricole, d'E.D.F., de l'armée, et dans le grand public).

Ces 42 décès doivent être comparés aux 181 (en 1987 selon les statistiques de l'I.N.S.E.R.M.), représentant la totalité des accidents mortels répertoriés d'origine électrique en France ; mais ce nombre est là aussi inférieur à la réalité, que l'on estime à 200 environ.

La proportion (50 : 200) est donc de 25 %, ce qui représente un lourd tribut payé aux lignes électriques aériennes.

En ce qui concerne les accidents survenus uniquement dans les zones industrielles, aucun critère reconnu de classement ne permet actuellement de les distinguer des autres recensés dans les statistiques nationales connues de l'INRS, celles de la Sécurité sociale et celles de la Mutualité sociale agricole .

Néanmoins, pour les 131 cas d'accidents étudiés en détail au chapitre 4, il a été possible d'effectuer cette distinction.

2.1 Les accidents dans le régime agricole

On trouvera à l'annexe 4 l'étude de la Mutualité Sociale Agricole relative à ces accidents. Les principaux points en sont les suivants : pendant la période 1977-1987, 34 décès par contact avec des lignes électriques aériennes ont été recensés ; ces accidents représentent plus de 10 % de la totalité de ceux indiqués par E.D.F., et la situation aurait tendance à se dégrader. Les secteurs les plus touchés sont les CTN :

- 1 Exploitations agricoles et assimilées
- 3 Entreprises d'approvisionnement, de commercialisation et de transformation des produits agricoles

Les principales circonstances dans lesquelles se produisent ces accidents peuvent être regroupés en 5 grandes catégories :

- déplacements de matériel d'arrosage (26 % des accidents)
- déchargement de produits transportés par un véhicule (26 % des accidents)
- utilisation d'outillage métallique à main (21 % des accidents)
- autres évolutions de véhicules (9 % des accidents)
- autres circonstances (18 % des accidents)

2.2 Les accidents dans le régime général de la Sécurité Sociale

Ils sont répertoriés dans les statistiques de la Caisse nationale d'assurance maladie aux éléments matériels 3901 à 3914 rappelées ci-dessous. Ceux dûs aux lignes aériennes sont classés aux éléments 3911 (lignes BT) et 3912 (lignes HT).

**Accidents d'origine électrique selon la classification
détaillée de l'élément matériel 39**

Tableau n° 2

Il est rappelé que cette rubrique comporte uniquement les accidents ayant entraîné électrisation, brûlure par le courant électrique, ou électrocution. Les accidents provenant d'appareillages ou machines dans lesquels intervient le courant électrique, mais où celui-ci n'est pas l'agent de la lésion sont classés aux éléments matériels correspondants.

Élément matériel 39 Electricité	
39.01	Non précisé
39.02	Non classé ci-dessous (transformateurs mobiles BT, flashes, HT, enseignes lumineuses, batteries)
39.03	Installations fixes BT, (y compris machines)
39.04	Ponts roulants, grues et palans, sauterelles
39.05	Machines-outils portatives ou mobiles - Appareils d'anesthésie électrique
39.06	Appareils de soudure électrique
39.07	Lampes portatives
39.08	Plate-formes d'essai
39.09	Transformateur côté BT
39.10	Transformateur côté HT
39.11	Lignes aériennes BT
39.12	Lignes aériennes HT
39.13	Canalisations enterrées
39.14	Matériel à HF

2.2.1 Elément matériel 3911 (lignes BT)

Année	Elément matériel 39		Elément matériel 3911	
	avec arrêt	mortels	avec arrêt	mortels
1981	1829	40	12	1
1982	1671	41	12	2
1983	1601	39	17	0
1984	1445	30	19	0
1985	1306	42	18	1
1986	1228	29	12	0
1987	1259	28	14	2
1988	1200	43	12	2

Les statistiques des dernières années montrent que le nombre de décès est très faible. Bien que tous les accidents de cette catégorie ne soient pas éliminés (ils représentent environ 1 % de l'ensemble des accidents d'origine électrique), la situation semble beaucoup moins préoccupante que pour les lignes HT. Ceci est surtout dû au fait que la majorité des lignes aériennes BT est réalisée en conducteurs isolés torsadés, donc protégés contre les contacts directs ; il ne faudrait pas en conclure pour autant que la basse tension n'est pas dangereuse.

2.2.2 Elément matériel 3912 (lignes HT)

Les statistiques les plus complètes dont on dispose sont celles présentées dans le tableau n° 4 et que nous avons examinées depuis 1965, pour étudier l'éventuelle incidence du décret du 8 janvier 1965 (dans lequel les distances minimales d'approche avec des conducteurs aériens sont mentionnés) sur le nombre des accidents. On peut regretter que ces statistiques présentent un "trou" de 1967 à 1978 pour l'élément matériel 3912, mais la constatation suivante peut néanmoins être faite :

Entre les périodes triennales de 1965 à 1967 et 1985 à 1987, le nombre d'accidents d'origine électrique, toutes causes confondues, a varié de 10760 à 3793, soit une baisse de 65 %. Pour les mêmes périodes, le nombre des accidents classés à l'élément matériel 3912 a varié de 157 à 89, soit une baisse de seulement 43,3 %.

Accidents dus aux lignes électriques HT
(éléments matériels 3912)

Année	Elément matériel 39		Elément matériel 3912	
	avec arrêt	mortels	avec arrêt	mortels
1964	3972	115	ND	ND
1965	3669	91	49	ND
1966	3585	ND	63	ND
1967	3506	ND	45	ND
1968	3090	70	ND	ND
1969	3251	70	ND	ND
1970	3449	83	ND	ND
1971	3393	62	ND	ND
1972	3192	79	ND	ND
1973	3132	60	ND	ND
1974	6063	68	ND	ND
1975	2793	67	ND	ND
1976	2471	68	ND	ND
1977	2257	57	ND	ND
1978	2119	42	40	12
1979	2088	62	36	12
1980	1883	50	39	10
1981	1829	40	35	11
1982	1671	41	44	16
1983	1601	39	41	11
1984	1445	30	36	11
1985	1306	42	34	17
1986	1228	29	32	10
1987	1259	28	23	4
1988	1200	43	45	15

Tableau n° 4

ND : non diffusé

On retrouve des conclusions semblables dans une autre étude INRS (annexe n° 2) "Accidents mortels du travail par électrocution ; données d'évolution 1976-1985" : les statistiques présentées montrent que l'élément matériel 3912 constitue la première cause de décès par électrocution dans la période 1983-1985, tant dans l'ensemble du régime général (39 décès pour un total de 111, soit 35 % des victimes), que dans le comité technique national du bâtiment et des travaux publics (22 décès pour 58 au total, soit 38 % des victimes) ; pour la période 1978-1980, les données analogues sont, pour le régime général 34 décès pour 154 au total (soit 22 %) et pour le BTP 27 décès pour 87 au total (31 %).

On constate donc que les accidents mortels dus aux contacts avec des lignes aériennes HT diminuent beaucoup moins rapidement que l'ensemble des accidents mortels d'origine électrique, ce qui corrélativement augmente leur poids relatif en tant que cause de décès au cours de ces dernières années.

On peut alors se demander si le décret du 8 janvier 1965 (articles 171 à 185) et l'arrêté technique du 26 mai 1978 ont bien eu tout l'effet espéré par le législateur dans le domaine de la prévention des accidents, et s'il ne conviendrait pas d'exercer une surveillance plus vigilante sur leur application ou éventuellement à procéder à leur révision.

3 - LA REGLEMENTATION EXISTANTE

Les textes existants peuvent être séparés en deux groupes : l'un traitant de la construction des bâtiments (code de l'urbanisme) ou des lignes électriques (arrêté du 26 mai 1978), l'autre relatif aux travaux réalisés sur ou à proximité des lignes électriques (décret du 8 janvier 1965, décret du 14 novembre 1988, publication UTE C 18-510).

3.1 Le code de l'urbanisme

3.1.1 La procédure d'aménagement des zones industrielles

Un terrain est inconstructible s'il n'est pas inclus dans un P.O.S. (plan d'occupation des sols). Il existe environ 12 500 P.O.S. en France, établis en général par les communes en collaboration avec l'Etat (le représentant est l'ingénieur de la D.R.I.R (1)) et certains organismes (2). Le bureau d'étude de la commune remplace la D.D.E. (3) dans 90 % des cas. L'établissement de ces P.O.S. est axé en particulier sur un impératif : la sécurité et la salubrité.

Dans les communes où existe un P.O.S., le permis de construire est de compétence communale ; dans les communes sans P.O.S., le permis de construire éventuel est délivré par le Maire, mais au nom de l'Etat, et est instruit par la D.D.E.

Les articles R 111-1 à 111-19 du Code de l'Urbanisme réglementent le permis de construire. L'article R 111-2 peut être utilisé pour refuser un permis de construire pour des raisons de sécurité publique.

A l'examen de ces différents textes, on s'aperçoit que les risques dus à la présence de lignes électriques aériennes ne sont pas pris en compte dans l'aménagement des zones industrielles.

A cet effet, la meilleure solution pour la prévention des accidents semble être de réaliser le réseau de distribution publique d'énergie électrique 20 kV en souterrain (voir § 8.9). Dans le cas contraire, quelques éléments du règlement de P.O.S. pourraient être utilisés pour prendre en compte la présence de bâtiments à côté d'une ligne électrique aérienne dans une zone industrielle :

- (1) Direction Régionale de l'Industrie et de la Recherche
- (2) par exemple E.D.F., mais qui ne dispose que d'une voix consultative
- (3) Direction Départementale de l'Equipement

- O.U.S. (Occupation et Utilisation du Sol) : les bâtiments sont classés en industrie, artisanat, commerce, habitation. Cette distinction permettrait peut être d'allouer certains emplacements à des entreprises pour lesquels le risque électrique est plus important (levageurs, matériel T.P., ...).
- La hauteur des bâtiments (limiter éventuellement celle-ci, ou neutraliser un couloir sous la ligne électrique).
- Installation et travaux divers (réhaussements de sols) : les surélévations de terrains pourraient être éventuellement interdites.

3.1.2 Le permis de construire des bâtiments

Lors d'une demande de permis de construire pour un établissement implanté à proximité d'une ligne électrique aérienne, les distances imposées par l'arrêté interministériel du 26 mai 1978 ne sont pas systématiquement vérifiées par les autorités chargées d'instruire le dossier du permis de construire (Mairie, Direction départementale de l'équipement...) ou par les services d'E.D.F. qui ne sont pas consultés en général.

Un accident récent (1989) met bien en évidence ce problème :

Deux couvreurs travaillaient sur le toit d'une maison en construction, survolée par une ligne électrique 20 kV à 1 m de la panne faîtière et à 0,40 cm en deça du mur pignon. L'un d'eux tombé au sol après avoir vraisemblablement touché les conducteurs électriques, est décédé. Selon les déclarations recueillies, la présence de la ligne à proximité immédiate du bâtiment n'avait pas été prise en compte ni par les couvreurs, ni par le conducteur de travaux (absent au commencement des travaux), ni par l'architecte (la ligne avait été implantée par erreur à 7 m de la construction sur le plan de masse du lotissement), ni par la subdivision E.D.F. ; de plus aucune déclaration d'intention de commencement de travaux n'avait été établie.

Une telle situation a pour origine principale le Code de l'Urbanisme dans lequel la coordination des différents intervenants n'est pas systématiquement prévue : certes ce texte précise que l'autorité compétente chargée d'instruire les demandes de permis de construire doit consulter les autres administrations intéressées et recueillir leurs accords, avis ou décisions ; malheureusement en ce qui concerne le distributeur public d'énergie électrique, le recueil de son avis et son respect éventuel ne sont que facultatifs.

De plus, sur les plans des communes dont dispose la D.D.E., seules sont mentionnées les lignes aériennes de tension supérieure ou égale à 63 kV ; celles de tension égale à 20 kV n'y figurent pas, ou très rarement.

On arrive ainsi à la situation de fait suivante :

Lors d'un examen de permis de construire, si l'implantation de la parcelle concernée sur les plans des communes est proche d'une ligne électrique mentionnée (en occurrence 63 kV et plus), la D.D.E. peut prendre la décision de transmettre le dossier à E.D.F. pour vérification de la conformité avec l'arrêté du 26 mai 1978 ; cette consultation peut également être déclenchée si une ligne 20 kV apparaît sur le plan de masse de la construction ; mais cette indication, non obligatoire, n'est pas systématique.

Dans tous les autres cas, la D.D.E. ne prend pas l'avis d'E.D.F., bien que des lignes 20 kV puissent être présentes sur le terrain, à proximité immédiate de la construction.

Pour améliorer cette situation, il serait nécessaire soit de modifier le code de l'urbanisme, soit de sensibiliser à ce problème, par des circulaires ministérielles, les autorités chargées de la délivrance du permis de construire.

3.2 Arrêté interministériel du 26 mai 1978

Dans cet arrêté, sont définies les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique. Cette réglementation concerne donc le distributeur, en ce qui concerne la construction des lignes. Dans ce document, sont précisées par exemple les distances des conducteurs au sol ou par rapport à des bâtiments en fonction de la tension, la position du point neutre par rapport à la terre, la protection des lignes, etc...

Dans plusieurs cas, nous avons constaté que ces distances minimales imposées n'étaient pas respectées (notre visite du 12 novembre 1987 dans la zone industrielle de Vitrolles). Cette situation est due très souvent à la modification du site, par surélévation du terrain (annexe n° 1, photo n° 4), par construction d'un bâtiment..., après la mise en place de la ligne.

3.3 Décret du 8 janvier 1965 du Ministère du Travail

Les travaux visés sont ceux exécutés par les chefs d'établissements cités à l'article 65 du livre II du code du travail et notamment ceux du bâtiment et des travaux publics dont le personnel effectue, même à titre occasionnel, des travaux de terrassement, de construction, d'installation, de démolition, d'entretien, de réfection, de nettoyage, toutes opérations annexes et tous autres travaux prévus par le présent décret, portant sur des immeubles par nature ou par destination.

Le titre XII (articles 171 à 185) traite des travaux réalisés au voisinage de lignes, canalisations et installations électriques ; il s'agit principalement de travaux d'ordre non électrique (ou d'ordre électrique, mais hors tension) réalisés hors des locaux ou emplacements réservés aux électriciens. Dans ce document est définie la procédure à respecter pendant les travaux pour prévenir les risques de contact direct avec des pièces nues sous tension :

L'idée principale est de travailler à proximité de lignes électriques aériennes mises hors tension ; en cas d'impossibilité, des obstacles (ou isolation) doivent être mis en place autour des conducteurs, sinon la zone de travail doit être délimitée matériellement et un surveillant doit s'assurer que le personnel ne s'approche pas à moins de 3 m des conducteurs (pour les tensions inférieures à 57 000 V) ou 5 m (pour les tensions égales ou supérieures à 57 000 V).

3.4 Le décret du 14 novembre 1988 relatif à "la protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en oeuvre des courants électriques".

Il est applicable aux établissements soumis aux dispositions du chapitre 1er du titre III du livre II du Code du travail. Ce champ d'application est étendu aux établissements de la fonction publique (décret du 28 mai 1982) et à ceux de la fonction territoriale (décret du 10 juin 1985).

Aux articles 48 et 49, 50 et 51 de ce document sont traités les travaux effectués sur des installations ou à proximité d'installations électriques. En particulier les mesures de sécurité à respecter dans ce dernier cas sont précisées à l'article 51, qui renvoie, par l'intermédiaire du commentaire de la circulaire du 6 février 1989 à la publication UTE C 18-510 en ce qui concerne en particulier les distances à respecter par rapport aux pièces nues sous-tension.

3.5 La publication UTE C 18-510

- Cette publication "recueil d'instructions générales de sécurité d'ordre électrique" définit les prescriptions de sécurité à observer en vue d'éviter les accidents corporels lors de la construction, de l'exploitation ou de l'entretien des ouvrages électriques, quelle que soit la tension.

Il s'agit plus particulièrement de travaux d'ordre électrique réalisés sur des ouvrages électriques dans des locaux ou emplacements réservés aux électriciens.

Les ouvrages électriques visés sont ceux concernés par :

- le décret du 14 novembre 1988 relatif à la protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en oeuvre des courants électriques.

- l'arrêté interministériel du 26 mai 1978 relatif aux conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique.
- le décret du 16 février 1982 relatif aux mesures particulières destinées à assurer la sécurité des travailleurs contre les dangers d'origine électrique lors des travaux de construction, d'exploitation et d'entretien des ouvrages de distributions d'énergie électrique.

Cette publication C 18-510 est d'application obligatoire pour les travaux réalisés sur les ouvrages de distribution publique d'énergie électrique (arrêté du 17 janvier 1989). Pour les ouvrages privés, elle est considérée comme la meilleure expression des règles de l'art dans la circulaire du 6 février 1989 relative au décret du 14 novembre 1988.

Dans cette publication sont définies en particulier les distances à respecter par rapport aux pièces nues sous tension lors de travaux à proximité d'installations électriques (voir § 4.4.2).

4 - MECANISME DE L'ACCIDENT

4.1 Rappels théoriques

4.1.1 Les installations de transport ou de distribution publique d'énergie électrique. Les mises à la terre :

- a) Ces installations sont assujetties aux dispositions de l'arrêté interministériel du 26 mai 1978 dit "arrêté technique" et intitulé : "Conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique" régies par la loi du 15 juin 1906. Cet arrêté couvre également les installations de traction régies par la même loi. Il sera prochainement révisé.

Actuellement, les ouvrages sont classés en 3 catégories :

Première catégorie : ouvrages dont la valeur de la tension nominale (1) ne dépasse pas 500 V en courant alternatif (valeur efficace) ou 750 V en courant continu,

Deuxième catégorie : ouvrages pour lesquels la valeur nominale (1) de la tension dépasse les limites ci-dessus sans atteindre 50 000 V,

Troisième catégorie : ouvrages pour lesquels la valeur nominale (1) de la tension égale ou dépasse 50 000 V.

Ces catégories seront prochainement remplacées par les "domaines de tension" retenues dans le décret du 14 novembre 1988.

Dans le tableau suivant n° 5 sont indiquées les correspondances entre les définitions des tensions suivant le décret du 14 novembre 1988, la norme NF C 15-100 et le distributeur public.

Pour les statistiques de la C.N.A.M., la définition suivante a été retenue :

- BT : tension inférieure ou égale à 430 V alternatif
- HT : toute tension supérieure

- b) Les distributions triphasées de première catégorie doivent comporter un conducteur neutre mis en communication directe avec la terre et relié au point neutre du système (premier paragraphe de l'art. 45).

- (1) La Commission électrotechnique internationale définit la tension nominale comme étant la valeur arrondie appropriée de la tension pour dénommer ou identifier un réseau ou un matériel. Cette valeur correspond dans la plupart des cas à la plus grande des tensions de l'ouvrage existant, soit entre deux quelconques des conducteurs, soit entre l'un quelconque des conducteurs et la terre.

TABLEAU N° 5 DIFFERENTES DEFINITIONS DES DOMAINES DE TENSION

Décret du 14 novembre 1988			Arrêté technique inter-ministériel du 26 mai 1978			Norme NF C 15-100 (édition 1990)		
Domaine	Courant alternatif	Courant continu	Catégorie (1)	Courant alternatif	Courant continu	Domaine	Courant alternatif	Courant continu
T.B.T	$U \leq 50V$	$U \leq 120V$	1ère	$U \leq 1000V$	$U \leq 1500V$	I	$U \leq 50V$	$U \leq 120V$
B.T.A	$50V < U \leq 500V$	$120V < U \leq 750V$	2ème	$1000V < U \leq 50000V$	$1500V < U \leq 50000V$			
B.T.B.	$500V < U \leq 1000V$	$750V < U \leq 1500V$						
H.T.A	$1000V < U \leq 50000V$	$1500V < U \leq 75000V$	3ème	$U > 50000V$	$U \geq 50000V$	II	$50 < U \leq 1000V$	$120 < U \leq 1500V$
H.T.B	$U > 50000V$	$U > 75000V$						
Ancien décret du 14 novembre 1962			Définitions E.D.F :					
Classe	Courant alternatif	Courant continu	M.T.	$10kV \leq U < 63kV$				
			H.T.	$63kV \leq U \leq 90kV$				
T.B.T.	$U \leq 50V$	$V \leq 50V$	T.H.T.	$U > 90kV$ (150, 225, 400, ...kV)				
B.T.	$50V < U < 430V(2)$	$50V < U \leq 600V$						
M.T.	$430V(3) < U \leq 1100V$	$600 < U \leq 1600V$						
H.T.	$U > 1100V$	$U > 1600V$						
(2) portée à 500V par l'arrêté de dérogation du 15 juin 1983 (3) portée à 500V par l'arrêté de dérogation du 14 juin 1983			(1) seront prochainement remplacées par les domaines de tension du décret du 14 novembre 1988					

Le point neutre (non distribué) des ouvrages de deuxième catégorie doit être mis à la terre par l'intermédiaire d'une impédance de faible valeur. Cette impédance, en pratique, a une valeur telle que l'intensité du courant de défaut à la terre est limité à 300 A pour les réseaux aériens et 1000 A pour les réseaux souterrains.

Pour les ouvrages de troisième catégorie, le point neutre doit également être mis à la terre, soit directement, soit par l'intermédiaire d'une impédance de faible valeur (art. 66).

D'une manière générale, les points neutres des ouvrages, quelle qu'en soit la catégorie, sont reliés à une prise de terre.

4.1.2 Dispositifs de protection des lignes électriques "moyenne tension" contre les défauts à la terre

Ces dispositifs sont définis dans la note E.D.F. G TE R525.

En cas de défaut à la terre sur un conducteur électrique, les protections installées sur le réseau par le distributeur mettent hors-tension le départ en défaut (en 0,1 s). Pour la remise sous-tension, le cas est différent suivant que le réseau est aérien ou souterrain.

- réseau souterrain :

Un défaut à la terre sur un câble souterrain est généralement suivi d'un court-circuit entre phases, car il est dû principalement au heurt du câble par un engin mécanique, ou un outil à main. La remise sous-tension ne peut être faite immédiatement et automatiquement car le défaut est souvent grave et ne s'élimine pas de lui-même. C'est pourquoi les réseaux souterrains ne sont pas équipés de dispositifs de réenclenchements automatiques.

- réseau aérien M.T :

Un défaut à la terre sur un conducteur aérien M.T. survient le plus souvent sur une seule phase à la fois et peut être dû au contact d'une branche d'arbre, d'une brindille, d'un engin mécanique... A la différence des réseaux souterrains, 95 % des défauts sur les réseaux aériens s'éliminent spontanément dans la minute qui suit la mise hors-tension de la ligne. C'est pourquoi, sur ces types de réseau, des automatismes effectuent des cycles de réenclenchements, rapides ou lents, suivant les cas.

Le départ en défaut peut être remis automatiquement sous-tension successivement trois fois de suite au plus :

- une première fois 0,4 s après l'apparition du défaut
- une seconde fois 16 s environ après l'apparition du défaut
- une troisième fois 1 minute environ après l'apparition du défaut.

A chaque essai, la durée d'établissement de la tension sur la ligne est limitée à 0,5 s en cas de persistance du défaut.

Ces cycles et leurs valeurs peuvent être différentes suivant la localité du distributeur.

Il est important, pour le personnel exposé au risque de contact avec des lignes aériennes, de savoir qu'après le défaut, la ligne n'est pas mise définitivement hors-tension, mais qu'au contraire elle est à nouveau remise sous-tension trois fois de suite ; des accidents mortels ont déjà eu pour origine ces réenclenchements successifs, (voir § 7.6).

4.1.3 La terre

La terre a les caractéristiques essentielles suivantes :

- a) elle se comporte comme un conducteur parfait dénué d'impédance,
- b) au conducteur parfait ci-dessus, on ne peut directement accéder hors la présence d'une résistance de contact appréciable appelée résistance de prise de terre.

La valeur de la résistance de prise de terre dépend de la surface de contact superficiel ou intime avec la terre, des pièces conductrices constituant la prise de terre, de la résistivité du matériau conducteur et de celle du terrain.

On distingue :

- les prises de terre intentionnelles telles que plaques ou piquets conducteurs enterrés, ceinturage à fond de fouille, réseaux maillés,
- les prises de terre de fait telles que celles des masses des machines ou autres appareils électriques au contact superficiel du sol.

Les résistances de prise de terre sont représentées sur les schémas suivants par un rectangle (symbole général d'une impédance) à l'intérieur duquel figure le symbole de la terre (\oplus).

Le conducteur parfait dénué d'impédance constitué par la terre elle-même, est représenté comme un conducteur électrique par un trait plein situé au-dessous du niveau du sol qui est représenté en trait pointillé pour ne pas être confondu avec un conducteur électrique.

Entre les différents points au niveau du sol et le conducteur d'impédance nulle situé sous ce niveau, il existe obligatoirement des résistances de prise de terre dont la valeur dépend du soin avec lequel on s'est efforcé de les exécuter (prise de terre intentionnelle), de la surface de contact avec le niveau du sol (prises de terre de fait), ou de la nature du sol.

4.1.4 La tension de pas

Lorsqu'une prise de terre est parcourue par un courant de défaut, il existe autour d'elle dans le sol un gradient de potentiel, décroissant de manière inversement proportionnelle au carré de la distance, au fur à mesure qu'on s'en éloigne : entre deux points du sol situés dans cette zone, il existe une différence de potentiel ; sa valeur dépend de la nature du sol et de la prise de terre, et de l'intensité du courant de défaut.

On appelle tension de pas la différence de potentiel qui existe entre deux lignes équipotentielles distantes de 1 m environ. Cette tension, selon les cas, peut atteindre des valeurs suffisamment élevées pour être dangereuse pour l'individu.

A titre d'exemple, si :

$R = 10$ ohms (valeur courante d'une bonne prise de terre) et
 $I = 300$ ampères (valeur maximale de l'intensité du courant de défaut à la terre sur les réseaux aériens 20 kV)
la différence de potentiel maximale sera $U = 10 \times 300$
 $= 3000$ V

Cette valeur sera répartie sur quelques mètres autour de la prise de terre, et à 1 m de celle-ci, la tension de pas pourra atteindre 300 à 400 V dans un terrain de résistivité 100 ohm mètre.

4.1.5 Les distances de sécurité

4.1.5.1 La distance d'amorçage

Entre deux conducteurs électriques portés à des potentiels différents et séparés par un isolant, un arc peut prendre naissance sous certaines conditions. Le courant électrique peut donc circuler entre ces deux conducteurs sans qu'ils soient en contact. Ce phénomène d'amorçage est fonction de nombreux éléments tels que la différence de potentiel entre les deux conducteurs, la forme de ces derniers, leur distance, les caractéristiques de l'isolant, la température, l'humidité et la pression s'il s'agit de diélectriques gazeux.

L'amorçage se produit pour une distance entre conducteurs inférieure à une certaine valeur, appelée distance d'amorçage, qui varie en fonction des facteurs énumérés ci-dessus. Dans l'air, la valeur moyenne de cette distance est de 1 cm pour 30 kV. Cette donnée est valable pour des distances voisines du centimètre, à la pression atmosphérique et en champ uniforme. (loi de Paschen), Pour les très hautes tensions alternatives, la distance d'amorçage réelle est supérieure à celle obtenue par l'application de cette loi.

Lorsqu'un engin de grande hauteur s'approche d'une ligne aérienne 20 kV (tension qui correspond à 24 kV de tension de tenue des matériels), il existe entre ces deux éléments une différence de potentiel maximale de :

$$24 \text{ kV} \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} = 19,6 \text{ kV}$$

ce qui correspond à une distance d'amorçage de 6 à 7 mm environ. On estime en fait qu'il y a risque d'amorçage dès 4 à 5 cm de distance. En pratique tous les accidents par contact direct d'un élément conducteur avec une ligne électrique aérienne 20 kV ont pour origine un contact franc et non un amorçage, malgré les déclarations de certaines victimes ou témoins : "il y a eu amorçage...". Le véritable amorçage est très rare.

Pour tenir compte des variations possibles dans le mauvais sens des facteurs cités ci-dessus influençant la distance d'amorçage, une valeur enveloppe de celle-ci, appelée distance de tension t , est définie dans la publication UTE C 18-510 (§ 2.5.1).

$$t = 0,005 U_n \text{ (t en mètre et } U_n \text{ en kV).}$$

Le résultat de cette formule doit être arrondi au dm le plus proche, sans pouvoir être inférieur à 0,10 m pour le domaine HT. Cette valeur doit d'ailleurs éventuellement être augmentée, en accord avec l'exploitant de la ligne, pour tenir compte des surtensions sur la ligne.

La publication UTE C 18-510 définit également une distance de garde "g" égale à 0,30 m pour les installations du domaine BT et à 0,50 m pour les installations du domaine HT. Cette distance a pour objet de libérer l'opérateur du souci permanent du respect de la distance de tension et de lui permettre ainsi de consacrer toute son attention à l'exécution de son travail, tout en parant aux conséquences de gestes involontaires.

La somme de la distance de tension et de la distance de garde constitue la distance minimale d'approche D, et :

$$D = t + g$$

Les valeurs de ces trois distances sont indiquées, pour les valeurs les plus courantes des tensions, au tableau 2.5.1 de la publication UTE C 18-510, reproduit ci-dessous :

Tableau n° 6

Tension nominale U_n (kV)	Distance de tension t (m)	Distance de garde g (m)	Distance nominale d'approche entre phase et terre D (m)
0,4	0 (*)	0,30	0,30
1	0 (*)	0,30	0,30
15	0,10	0,50	0,60
20	0,10	0,50	0,60
30	0,20	0,50	0,70
63	0,30	0,50	0,80
90	0,50	0,50	1
150	0,80	0,50	1,30
225	1,10	0,50	1,60
400	2	0,50	2,50

* Sans contact

4.1.5.2 La distance de travail

Tout travail à proximité de pièces nues sous tension, exécuté à une distance inférieure à la distance minimale d'approche, est considérée comme travail sous tension et doit être conduit selon des règles bien particulières, définies dans la publication UTE C 18-510 (chapitre V) et dans le décret du 14 novembre 1988 (articles 48 et 50).

Pour qu'un travail puisse être effectué à proximité de pièces nues sous tension sans conditions particulières de sécurité d'ordre électrique (avec néanmoins la délimitation matérielle de la zone de travail par obstacles de degré de protection (1) minimum IP2xx en BT ou IP3xx en HT), il faut que la distance de travail soit supérieure aux valeurs indiquées dans le tableau n° 7 ci-dessous :

tension (en kVolts)	travaux visés par la publication UTE C 18-510	travaux visés par le décret du 8.01.65
$U < 1$	0,30 m	3 m (1)
$1 < U \leq 50$	2 m	3 m
$50 < U \leq 250$	3 m	5 m
$U > 250$	4 m	5 m

(1) Aucune distance minimale n'est à respecter à l'intérieur des locaux si les pièces sous-tension sont mises hors de portée des travailleurs par obstacles ou isolation, ou si des moyens permettant l'isolation du personnel sont mis en oeuvre (gants, planchers, vêtements isolants...).

Tableau n° 7

(1) suivant norme NF C 20-010

Si la distance de travail est inférieure aux valeurs du tableau précédent, des mesures de sécurité particulières doivent être mises en oeuvre, en ce qui concerne les travaux visés par le décret du 8 janvier 1965, qui font plus particulièrement l'objet de cette étude, l'article 177 du dit décret indique qu'une consigne doit préciser les mesures à prendre pour mettre la ligne ou l'installation hors d'atteinte du personnel :

- en BT, par obstacles, isolation des conducteurs, ou isolation du personnel par des gants, vêtements ou planchers isolants ;
- en HT, par obstacles ou par délimitation matérielle de la zone de travail et surveillance par une personne compétente.

Dans tous les cas l'accès à la zone comprise entre la distance minimale d'approche et le conducteur est interdit. Cette interdiction n'est pas explicitement mentionnée dans le décret du 8 janvier 1965, mais est précisée dans la publication UTE C 18-510 annexe IV "zones d'environnement spécifiques aux travaux du bâtiment, travaux publics et travaux des immeubles", comme indiquée à la planche n° 3, reproduite ci-dessous.

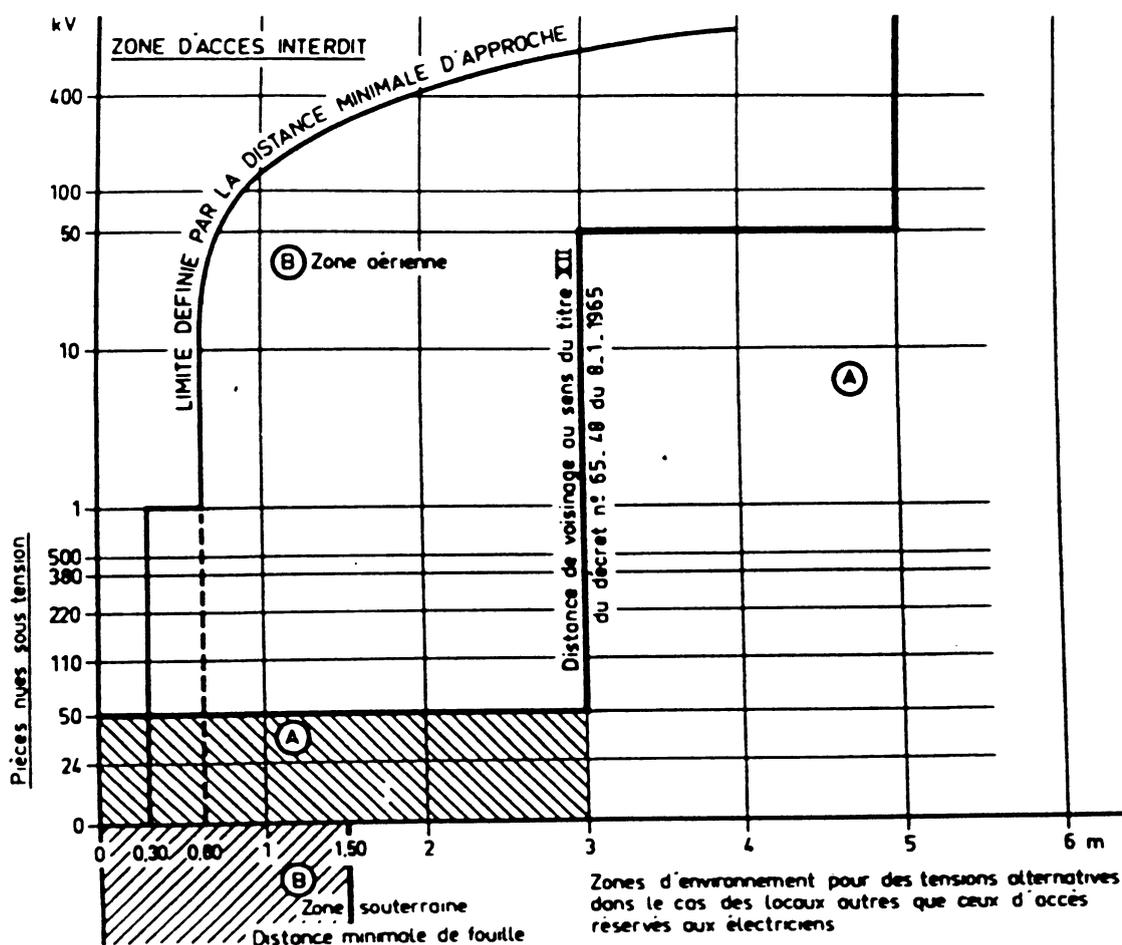


figure 1 : zones d'environnement spécifiques aux travaux du bâtiment, travaux publics, et travaux des immeubles (publication UTE C 18-510).

4.2 Contact accidentel d'un appareil ou d'un engin avec un ouvrage aérien sous tension

4.2.1 Configuration de l'installation et circuit de défaut

Un engin en contact superficiel avec la terre par une résistance de prise de terre de fait R_{tm} , vient au contact ou à la distance d'amorçage d'un conducteur nu d'un ouvrage triphasé de tension nominale U dont le neutre N est relié à la prise de terre intentionnelle de résistance R_{tn} par l'intermédiaire d'une résistance (impédance) $R_n(1)$.

La tension simple $V = \frac{U}{\sqrt{3}}$ en négligeant l'impédance de la source, celle des conducteurs actifs et celle constituée par la continuité de la structure de l'engin, est appliquée au circuit constitué par les résistances R_n , R_{tn} et R_{tm} .

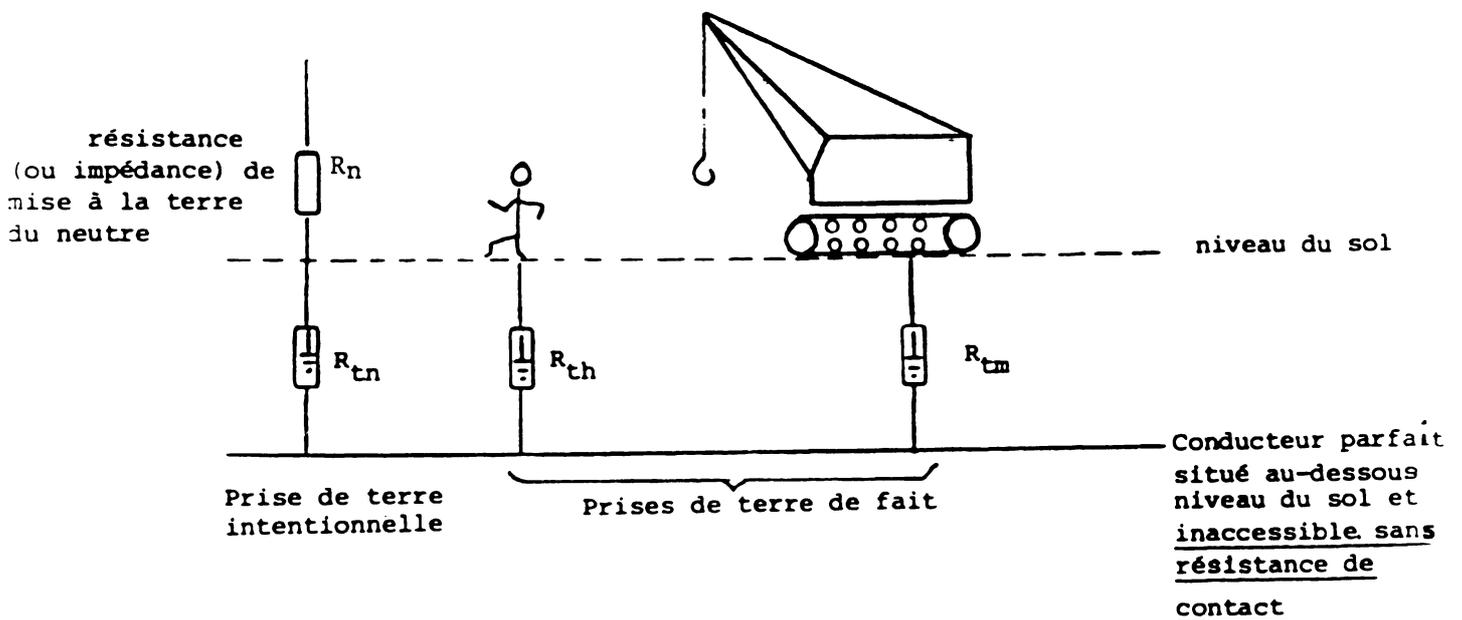


figure 2 : exemple de résistances de prises de terre intentionnelles ou de fait.

- (1) $R_n = 0$ Ohm pour les réseaux de première catégorie
 $R_n = 40$ Ohms pour les réseaux de deuxième catégorie 20 000 V

La figure 2 donne des exemples de représentation de résistances de prises de terre. Dans le cas de l'engin de chantier monté sur pneumatiques en matériau isolant, de même que dans le cas du travailleur muni de chaussures à semelles en matériau isolant (1), R_{tm} et R_{th} prennent des valeurs élevées tant qu'il n'y a pas eu claquage ou contournement des matériaux isolants.

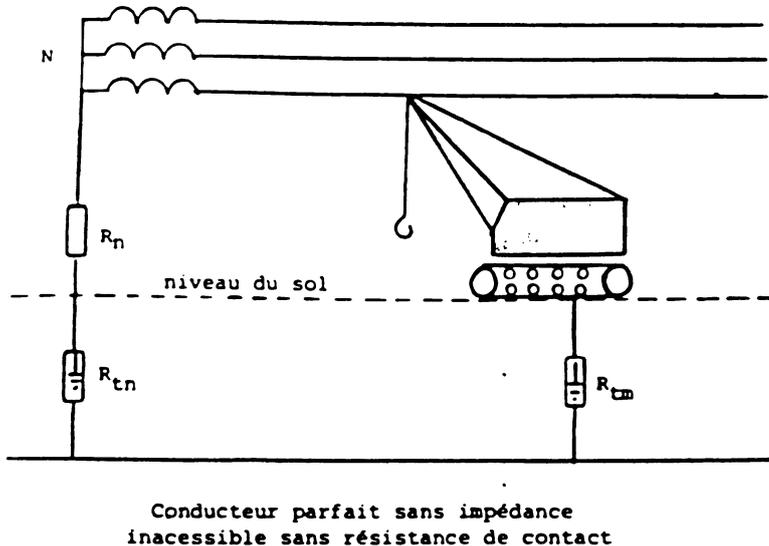


figure 3 : Contact accidentel d'un appareil ou d'un engin avec un ouvrage aérien sous tension

Le courant de défaut I_d a pour valeur :

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3} (R_n + R_{tm} + R_{tn})}$$

Aux bornes de R_{tn} apparaît la tension :

$$V_{tn} = \frac{R_{tn} U}{(R_n + R_{tm} + R_{tn}) \sqrt{3}}$$

Aux bornes de R_{tm} apparaît la tension

$$V_{tm} = \frac{R_{tm} U}{(R_n + R_{tm} + R_{tn}) \sqrt{3}}$$

Si l'engin est monté sur pneumatiques en matériau isolant et tant qu'il n'y a eu ni amorçage ni contournement du matériau isolant, R_{tm} conserve une valeur élevée qui empêche la circulation d'un courant de défaut appréciable. La pleine tension $V = \frac{U}{\sqrt{3}}$ est alors appliquée aux bornes de R_{tm}

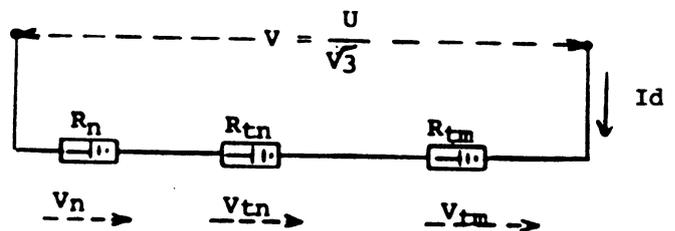


Figure 4 : Circuit de défaut équivalent à la figure 2

(1) La présence de la carcasse radiale métallique peut réduire ce niveau d'isolement pour les tensions élevées.

4.2.2 Personnel accompagnant la charge

La résistance du corps humain a une valeur R_h qui peut être estimée à 1000 ou 2000 ohms. Selon la nature des chaussures, la présence ou l'absence d'eau au niveau du sol sur lequel évolue le personnel et la résistivité du terrain, il existe une résistance de prise de terre de fait R_{th} entre le corps humain et le conducteur fictif de terre inaccessible dénué d'impédance.

La tension aux bornes de R_{tm} est également appliquée à l'ensemble des résistances R_h et R_{th} ainsi que le montre la figure 4. Le schéma des circuits est celui de la figure n° 5.

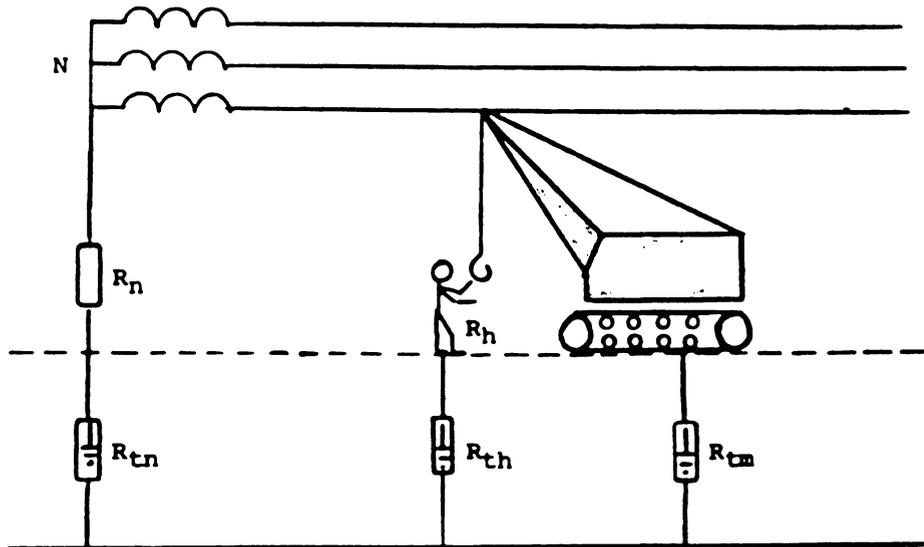


Figure 5 : Contact accidentel d'un appareil de levage - Personnel accompagnant la charge

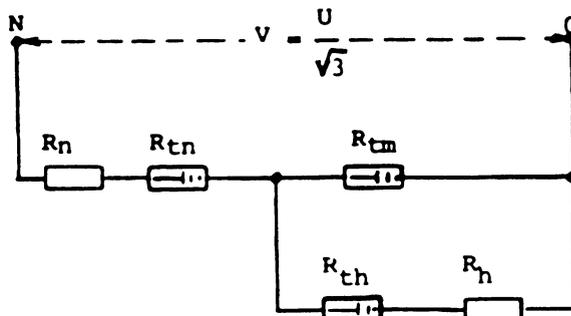


Figure 6 : Circuit électrique équivalent à la configuration de la figure 4

L'application du théorème de Thévenin permet de calculer le courant I traversant la résistance R_h du corps humain.

$$I = \frac{V_{tm}}{Z + R_h + R_{th}}$$

V_{tm} désignant la tension aux bornes de R_{tm} avant raccordement de R_h et R_{th} ;
soit :

$$V_{tm} = \frac{U \cdot R_{tm}}{\sqrt{3} (R_n + R_{tn} + R_{tm})}$$

Z désignant l'impédance qui peut être mesurée aux bornes de R_{tm} lorsque la source de tension V est court-circuitée et avant que R_{th} et R_h ne soient raccordées aux bornes de R_{tm} , Z est alors l'impédance équivalente aux deux résistances $R_n + R_{tn}$ et R_{tm} montées en parallèle.

$$Z = \frac{R_{tm} \cdot (R_n + R_{tn})}{R_{tm} + (R_n + R_{tn})}$$

Tous calculs faits :

$$I = \frac{U}{\sqrt{3}} \frac{1}{R_n + R_{tn} + \left(1 + \frac{R_n + R_{tn}}{R_{tm}}\right)}$$

Application pratique aux réseaux des différentes catégories :

- réseaux de 1ère catégorie ($U = 380$ V)
 $R_n = 0$ Ohm ; $R_{tn} = 1$ Ohm ; $R_h = 1000$ Ohms ; $R_{th} = 1000$ Ohms
 Ces paramètres étant fixés, I va être fonction de la valeur R_{tm} :

R_{tm} (Ohm)	1	10	100	500	1000
I (mA)	54,8	99,6	108,6	109,4	109,5

Tableau n° 8

On constate que l'intensité du courant qui traverse le corps humain est toujours supérieure à la valeur de 25 mA couramment admise comme seuil limite de la tétanisation des muscles respiratoires. La valeur de la résistance de terre que constitue le véhicule ne modifie pas l'importance du risque. Ce point sera repris au chapitre "moyens de prévention".

- réseaux de 2ème catégorie, pour $U = 20\ 000$ V (lignes les plus couramment rencontrées) :

$$R_n = 40 \text{ Ohms} ; R_{tn} = 1 \text{ Ohm} ; R_h = 1000 \text{ Ohms} ; R_{th} = 1000 \text{ Ohms}$$

R _{tm} (Ohm)	1	10	100	500	1000
I(A)	0,137	1,13	4,04	5,24	5,44

Tableau n° 9

Pour ce type de réseau, on constate aussi que l'intensité du courant de défaut est supérieure au seuil limite de danger de 25 mA.

4.2.3 Cas de l'opérateur (1) porté de l'appareil ou de l'engin

Le cas de l'opérateur de l'engin est totalement différent de celui de l'accompagnateur de charge.

Lors du contact accidentel avec l'ouvrage électrique sous tension, la cabine en matériau conducteur se comporte comme un conducteur de faible impédance parcouru par le courant de défaut. La tension susceptible d'apparaître entre deux points de la cabine simultanément accessibles à l'opérateur n'atteint jamais une valeur élevée.

Néanmoins elle n'est pas négligeable comme le montre le calcul suivant :

Dans le cas du contact (par ex. d'une flèche de grue) avec un conducteur aérien 20 000 V, l'intensité du courant de défaut est limitée à 300 A. Si l'on admet 0,1 Ohm comme valeur moyenne de la résistance de contact entre 2 éléments métalliques de la cabine, la tension maximale de contact sera $300 \times 0,1 = 30$ V. Pour que l'opérateur soit bien protégé, il est donc nécessaire que les continuités électriques des éléments constitutifs de l'appareil soient bien assurées par les divers assemblages.

Ce mode de protection est précisé à l'article 35 du décret du 14 novembre 1988 : protection par liaison équipotentielle supplémentaire.

Il est également à rapprocher du mode de protection des voyageurs d'un avion atteint, en vol ou au sol, par la foudre.

4.2.4 Conduite à tenir en cas de contact accidentel

La conduite à tenir ci-dessous, qui ne relève pas d'une réglementation mais d'une analyse des risques immédiats, devra faire l'objet d'une consigne à l'opérateur ou d'une formation de celui-ci :

• L'appareil ou l'engin est en état de fonctionner

IMMEDIATEMENT, L'OPERATEUR, SANS QUITTER SA CABINE, DOIT ELOIGNER L'ENGIN DE L'OUVRAGE ELECTRIQUE SOUS TENSION.

• L'appareil ou l'engin n'est pas en état de fonctionner

Ce cas peut par exemple se produire si la flèche est prisonnière des conducteurs électriques ; les manoeuvres décrites ci-dessous devront alors être effectuées :

SANS QUITTER SA CABINE L'OPERATEUR DOIT AVERTIR, PAR SIGNAUX OU VERBALEMENT, LES TIERS DE NE PAS APPROCHER L'ENGIN OU L'APPAREIL (risque de tension de pas pendant la durée du défaut).

(1) Ce terme a été choisi à la place de conducteur pour éviter toute confusion avec celui de conducteur électrique

SI L'OPERATEUR DOIT QUITTER LA CABINE DE L'APPAREIL OU DE L'ENGIN, L'APPROCHE DU SOL DOIT ETRE EFFECTUE PAR UN SAUT DE FACON A NE JAMAIS ETRE SIMULTANEMENT EN CONTACT AVEC LE SOL ET AVEC L'ENGIN.

LA PROGRESSION AU SOL DOIT S'EFFECTUER :

- SOIT PAR BONDS, PIEDS JOINTS,
 - SOIT PAR PETITS PAS
- POUR LIMITER LES EFFETS DE LA TENSION DE PAS.

TOUTE NOUVELLE APPROCHE DE L'ENGIN NE PEUT ETRE EFFECTUEE QU'APRES S'ETRE ASSURE QUE L'OUVRAGE ELECTRIQUE A ETE DEFINITIVEMENT MIS HORS TENSION ET AVOIR CONTROLE L'ABSENCE EFFECTIVE DE CETTE TENSION

(en liaison avec le distributeur d'énergie électrique).

L'engin est monté sur pneumatiques

Après contact d'un engin de chantier monté sur pneumatiques avec un ouvrage aérien de 2ème catégorie, les pneumatiques (à carcasse métallique) non détruits ne conservent plus ni leurs qualités isolantes, ni surtout leur résistance mécanique. L'éclatement des pneumatiques, s'il n'a pas eu lieu immédiatement, se produit souvent après une exposition prolongée au soleil.

L'APPROCHE DE L'ENGIN NE DOIT S'EFFECTUER QU'APRES LA CHUTE DE LA TEMPERATURE DE L'AIR CONTENU DANS LES PNEUMATIQUES.

LES PNEUMATIQUES DOIVENT ETRE DEGONFLES ET MIS AU REBUT, APRES QUE L'ENGIN AIT ETE SOUSTRAIT DU CONTACT AVEC LA LIGNE ELECTRIQUE.

4.3 Contact accidentel, sans implication de véhicule, avec un ouvrage aérien sous tension

Dans l'exemple précédent, le véhicule est un des éléments de l'accident. Dans ce cas, le courant principal de défaut à la terre se partage en deux : une partie s'écoule par le corps de l'individu et l'autre partie traverse la prise de terre de fait que constitue le véhicule. La valeur du courant dérivé dans cette prise de terre n'est pas suffisamment importante pour que, en contre-partie, l'intensité du courant traversant le corps ne soit pas dangereuse.

Ce cas ne se rencontre pas uniquement dans les accidents mettant en jeu un véhicule, mais dans tous les accidents où l'individu entre en contact avec les conducteurs électriques par l'intermédiaire d'un élément conducteur en contact avec la terre :

- contact d'une échelle métallique avec les lignes électriques
- contact d'un échafaudage métallique
- contact de la mire métallique du géomètre, etc...

Dans le cas du contact direct d'un individu avec un conducteur électrique, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un élément conducteur non relié à la terre, le courant de défaut ne peut que s'écouler entièrement par le corps de la victime. Sa valeur sera celle calculée dans l'exemple précédent, en prenant pour R_{tm} une valeur infinie :

Soit :

$$I = \frac{U}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{R_n + R_m + R_n + R_{th}}$$

- . Pour un réseau de première catégorie :

$$U = 380 \text{ V} ; R_n = 0 \text{ Ohm} ; R_{tn} = 1 \text{ Ohm} ; R_h = 1000 \text{ Ohms} ; R_{th} = 1000 \text{ Ohms}$$
$$I = 109,6 \text{ mA}$$

- . Pour un réseau de 2ème catégorie ($U = 20\,000 \text{ V}$) :

$$R_n = 38 \text{ Ohms} ; R_{tn} = 1 \text{ Ohm} ; R_h = 1000 \text{ Ohms} ; R_{th} = 1000 \text{ Ohms}$$
$$I = 5,66 \text{ A}$$

Dans ces cas aussi - et il sera de même pour les réseaux de 3ème catégorie - l'intensité du courant qui traverse le corps est supérieure à celle admissible ; elle pourrait être diminuée si les valeurs de R_{th} et R_h augmentaient : semelles isolantes, gants isolants, perches de manoeuvres isolantes. Ce point sera étudié au chapitre "moyens de prévention".

5 - TYPOLOGIE DES ACCIDENTS

5.1 Analyse descriptive des accidents

Nous avons étudié 131 accidents dus à des contacts directs avec des lignes HT, survenus entre les années 1972 et 1987. Ces accidents se répartissent ainsi : 31 dans les zones industrielles ou similaires, et 100 hors des zones industrielles. Ils ne représentent pas la totalité de ceux survenus pendant la même période (environ 560), mais, d'une part, ce sont les seuls pour lesquels l'enquête d'accident de travail a pu être retrouvée (soit dans les Caisses régionales d'assurance maladie, soit à l'O.P.P.B.T.P.), et, d'autre part, leurs caractéristiques sont apparues suffisamment différentes pour pouvoir dégager les principaux types.

Tous les accidents étudiés sont survenus sur des réseaux de distribution ou de transport publics de l'énergie électrique, à l'exception de trois accidents, dont deux ayant eu lieu sur des caténaires SNCF (le 26-08-83 et le 4-10-79) et un sur un réseau privé (le 17-04-86). Les accidents classés en "zones industrielles ou similaires" sont ceux survenus dans les établissements situés à proximité d'une ligne HT, et implantés :

- soit dans des zones classées industrielles ou artisanales ou à activités multiples concentrées
- soit dans des zones non classées, mais à forte densité de bâtiments industriels ou artisanaux.

Les accidents classés "hors zones industrielles" sont ceux survenus dans des sites non industriels ou artisanaux (principalement à proximité de maisons d'habitations en construction).

On trouvera, aux pages suivantes la description condensée de ces accidents.

5.1.1 Accidents survenus dans les zones industrielles ou similaires

TABLEAUX : 1ère partie : Accidents survenus dans les zones industrielles ou similaires

Date	Région	CTN	Nombre de décès	Condensé des faits
1987	Rouen		1	Pendant des travaux d'opérations de levage avec une grue, le câble est entré en contact avec une ligne 20 kV. Le salarié qui guidait la charge est électrocuté.
12/11/87	Lyon	Peinture CTN 15	2	Après avoir effectué des travaux de peinture sur la façade de l'usine, les 3 ouvriers poussaient leur échafaudage sur la voie publique pour atteindre l'autre façade. Celui-ci a heurté une ligne 20 kV à proximité (hauteur 8,20 m). Deux ouvriers ont été brûlés et électrocutés ; l'autre a été brûlé.
30/07/87	Lille	Bâtiment T.P. CTN 02	1	Deux ouvriers déplaçaient un échafaudage roulant autour de l'usine survolée par une ligne 15 kV. L'échafaudage est venu en contact avec les conducteurs électriques. L'un des ouvriers a été électrocuté ; l'autre a été victime d'un état de choc.
04/06/86	Dijon	Métallurgie CTN 01		Pendant les travaux d'agrandissement de l'atelier, un maçon travaillait sur un échafaudage le long du bâtiment. Avec sa règle métallique, il a touché la ligne 20 kV qui longeait le bâtiment à 1,50 m. L'ouvrier a été brûlé et est tombé de l'échafaudage.
17/04/86	Angers	CTN 15	1	Le chauffeur d'un camion de livraison de béton a procédé au lavage du tapis à proximité d'une ligne 30 kV privée desservant l'usine. Au repliement, le tapis a heurté la ligne et le chauffeur a été électrocuté.

TABLEAUX : 1ère partie : Accidents survenus dans les zones industrielles ou similaires

Date	Région	CTN	Nombre de décès	Condensé des faits
24/10/85	Lyon	Bâtiment T.P. CTN 02		Un salarié est gravement brûlé suite à l'amorçage entre une phase d'une ligne 400 kV et un câble acier devant servir à mettre en place un échafaudage volant. Travaux à proximité d'une ligne 400 kV à 4,34m de la façade de la salle des machines. La ligne a été consignée après l'accident.
27/08/85	Rouen	Papier, carton CTN 06	1	Une charge était transportée à travers l'usine avec une grue mobile. La flèche de celle-ci a amorcé avec une ligne 90 kV à proximité. La victime qui touchait la charge a été électrocutée.
07/05/85	Lille	Bâtiment T.P. CTN 02		La victime, exerçant la profession de métallier, voulait effectuer un travail de soudage sur la charpente métallique d'un bâtiment situé à proximité d'une ligne 20 kV. L'échelle métallique qu'il déplaçait est entrée en contact avec les conducteurs électriques et l'ouvrier a été brûlé.
/08/85	Rouen Z.I. de Gravenchon			La flèche d'un camion-grue, qui passait sous une ligne 90 kV a amorcé et les pneus de l'engin ont été endommagés. Pas de blessures corporelles.
26/12/84	Lille	Bâtiment T.P. CTN 02	2	Pendant des travaux de construction d'un hangar, la flèche du camion de levage entre en contact avec une ligne 20 kV qui survole le terrain. Les deux accompagnateurs au sol de la poutre métallique sont électrocutés.

TABLEAUX : 1ère partie : Accidents survenus dans les zones industrielles ou similaires

Date	Région	CTN	Nombre de décès	Condensé des faits
26/10/84	Rouen Z.I. de Lillebonne	Métallurgie CTN 01		Lors du déplacement d'un bungalow métallique dans la cour de l'entreprise, avec une grue, il y a eu amorçage entre la flèche de la grue et la ligne 15 kV qui borde l'enceinte de l'entreprise. La mise en place d'un portique avait été demandée par la CRAM en mai 84. Les deux ouvriers qui guidaient le bungalow au sol sont électrisés avec brûlures. Ils portaient des gants de travail neufs.
21/09/84	Montpellier			Pendant la mise en place de la charpente d'un bâtiment industriel, la flèche d'une grue mobile entre en contact avec une ligne 20 kV à proximité du chantier. L'ouvrier qui guidait la charge est électrisé (brûlures).
20/09/84	Marseille		1	Un échafaudage roulant (hauteur 8 m) est entré en contact avec la ligne 20 kV (hauteur 7,60 m); 5 personnes le faisaient rouler au sol pour aller sur l'autre façade. Une personne décède, les quatre autres sont brûlées.
14/08/84	Metz	CTN 15	1	Au cours du chantier de rénovation d'un bâtiment de la société, une souche d'arbre a été manutentionnée avec une grue auxiliaire télescopique à commande hydraulique montée sur camion. La benne preneuse est venu en contact avec l'une des 2 lignes 20 kV qui surplombent l'usine (la hauteur de l'une d'entre elles ne dépasse pas 5 m au niveau du poste). L'opérateur a été électrocuté.
26/06/84	Bretagne		1	Sur le parc à bateaux de l'entreprise (située en zone artisanale), deux ouvriers mettaient en place un mât sur une coque située sous la ligne 15 kV. Pendant l'opération, le mât a touché les conducteurs électriques et l'un des deux ouvriers a été électrocuté.

- 321 -

TABLEAUX : 1ère partie : Accidents survenus dans les zones industrielles ou similaires

Date	Région	CTN	Nombre de décès	Condensé des faits
22/06/84	Lyon			Un ouvrier est brûlé par contact direct entre l'échafaudage roulant qu'il déplace et une ligne électrique 20 kV (hauteur 7 m) qui traverse l'aire de stockage et de chargement de l'usine à moins de 7 m de hauteur.
12/06/84	Cabourg			Pendant des travaux de montage de charpente métallique d'un bâtiment industriel, l'ouvrier travaillait sur le faitage situé à 3,21 m sous la ligne 20 kV. Le lien du panne qu'il tenait à la main est entré en contact avec un conducteur et il a été électrisé (coma).
29/05/84	Lille		1	Au cours des travaux de bétonnage d'un voile sous une ligne électrique 45 kV (hauteur 11,67 m au-dessus du coffrage), un amorçage se produit entre le conducteur le plus bas et la tête de la flèche de la grue. L'ouvrier guidant la benne est électrocuté. Travail ponctuel de courte durée non préparé.
18/04/84	Paris			Electrisation de 3 salariés suite au contact entre l'échafaudage qu'ils déplaçaient et une ligne électrique 20 kV à moins de 3 m du bâtiment. Les victimes effectuaient des travaux de bardage.
20/03/84	Marseille (Vitrolles)		1	Pendant un chargement de tiges de forage sur une foreuse, le mât de forage est entré en contact avec la ligne 20 kV située au-dessus de l'engin à 7,70 m de hauteur. La ligne électrique surplombe la zone de stockage de l'entreprise où était effectuée le forage. L'ouvrier a été électrocuté. EDF a surélevé légèrement la ligne après l'accident.

TABLEAUX : 1ère partie : Accidents survenus dans les zones industrielles ou similaires

Date	Région	CTN	Nombre de décès	Condensé des faits
17/07/83	Lyon			Electrisation d'un chauffeur poids-lourd, en descendant du camion dont la benne avait heurté une ligne 15 kV (hauteur 5,80 m) lors d'une décharge de remblais dans une usine. Des obstacles ont été placés au sol après l'accident.
16/06/83	Limoges		1	Deux ouvriers effectuent le montage d'une charpente métallique située en partie sous une ligne 20 kV, en utilisant un mât de levage monté sur une camionnette. Le véhicule se met à patiner pendant une manœuvre de déplacement et les personnes le poussent. Le mât heurte la ligne électrique. Une victime est électrocutée, l'autre est brûlée. La ligne sera mise hors tension.
09/05/83	Lyon	CTN 02	1	Pendant des travaux de bardage d'une usine en extension, trois ouvriers déplacent un échafaudage roulant en le poussant sous une ligne 20 kV (à 8 m de hauteur). Deux victimes sont brûlées, la troisième décède.
24/02/83	Nantes			Mise sous tension accidentelle de la flèche d'une grue mobile en cours de repliement, en poste à proximité d'une ligne électrique aérienne 20 kV. Un ouvrier qui touchait la grue est électrisé. Le chauffeur, en voyant cela, descend de l'engin et est électrisé à son tour.
24/01/83	Figeac Z.I. de l'Aiguille			Par l'intermédiaire d'une cornière qu'il manipulait, un monteur en charpente métallique est électrisé au contact d'une ligne aérienne haute tension et fait une chute de 7 m. La ligne était à 3 m du pignon.

1
23
-

TABLEAUX : 1ère partie : Accidents survenus dans les zones industrielles ou similaires

Date	Région	CTN	Nombre de décès	Condensé des faits
09/12/82	Nantes		2	Electrocution de 2 ouvriers au cours d'une manœuvre d'élingage, par mise sous tension accidentelle de la flèche de la grue mobile qui se trouvait sous une ligne 20 kV. Cette ligne survolait l'entrée du dépôt de l'entreprise.
17/11/82	Toulouse	Coopérative agricole		Nettoyage des toitures par jet d'eau à haute pression à côté d'une ligne 20 kV. La victime a fait entrer l'échafaudage roulant (hauteur 9,10 m) en contact avec la ligne électrique et a été brûlé. EDF a surélevé la ligne.
29/04/82	Orléans Z.I. de Chinon	Compagnie des eaux		Electrisation d'un ouvrier à la suite du contact franc d'un mât de levage (sur camion) et d'un conducteur d'une ligne 20 kV sous tension.
09/03/81	Rouen Z.I. de Lillebonne	Bâtiment T.P. CTN 02	1	4 personnes déplaçaient un échafaudage roulant dans la centrale à béton pendant des travaux de peinture. Le haut de l'échafaudage est entré en contact avec la ligne 15 kV qui alimente la centrale. Un ouvrier est électrocuté et 3 autres brûlés.
23/07/76	Région parisienne Z.I. de Trappes-Elancourt		1	La structure métallique d'un bâtiment était en cours de montage sous une ligne 63 kV située à environ 15 m du sol. Pendant le déplacement d'une pièce métallique, au moyen d'une grue mobile, la flèche est entrée en contact avec les conducteurs aériens et l'accompagnateur de la charge au sol a été électrocuté. Les travaux ont été commencés avant la coupure de courant accordée par EDF pour la période du 2 au 7 août 1976.

TABLEAUX : 1ère partie : Accidents survenus dans les zones industrielles ou similaires

Date	Région	CTN	Nombre de décès	Condensé des faits
14/02/75	Région parisienne	Bâtiment T.P. CTN 02	1	Quatre ouvriers guidaient au sol un panneau métallique en cours de déchargement d'un camion avec une grue mobile sur le dépôt de l'entreprise survolé, en limite de propriété, par une ligne 15 kV. La flèche est entrée en contact avec les conducteurs électriques et un ouvrier a été électrocuté. Les trois autres n'ont rien ressenti car ils étaient montés sur des panneaux isolés du sol par des traverses en bois.

5.1.2 Accidents survenus hors zones industrielles

TABLEAUX : 2^{ème} partie : Accidents survenus hors des zones industrielles ou similaires

Date	Région	CTN	Nombre de décès	Condensé des faits
23/11/87	Lyon	CTN 05	1	Pendant la construction d'une maison individuelle, la flèche du camion qui livrait le béton a heurté un conducteur 20 kV à proximité. Le chauffeur du camion a été tué, une autre personne a été électrisée.
11/08/87	Lille	Bâtiment T.P. CTN 02		Pendant des travaux de peinture d'un candélabre d'éclairage sur la voie publique, la victime manœuvrait une nacelle sur camion pour venir à proximité de la partie haute du candélabre. La nacelle a touché une ligne électrique 15 kV située à 3,5 m du candélabre et la victime a été brûlée.
24/07/87	Bordeaux	Agricole	3	Trois ouvriers d'une entreprise de miroiterie installaient une échelle à coulisse le long du mur de la chapelle. L'échelle est entrée en contact avec une ligne 15 kV. Les 3 ouvriers sont morts électrocutés.
15/07/87	Lille	CTN 15		4 ouvriers remettent en place un mât porteur d'un oriflamme publicitaire sur un chantier de maison. Pendant la manœuvre, le mât heurte la ligne haute tension voisine. Les 4 ouvriers sont brûlés.
08/07/87	Montpellier	Forage CTN 13		Pendant une opération de manutention sur un chantier de forage, la grue hydraulique du camion est entrée en contact avec la ligne aérienne (20 kV) à proximité. Électrisation du chauffeur qui commandait la grue depuis le sol.

TABLEAUX : 2ème partie : Accidents survenus hors des zones industrielles ou similaires

Date	Région	CTN	Nombre de décès	Condensé des faits
23/03/87		Commerces CTN 14	1	Pendant une manutention à côté d'une maison en construction, la grue a touché la ligne 15 kV voisine. Le chauffeur a été électrocuté.
05/12/86	Montpellier	Commerces CTN 14		Pendant la phase de mise en position de travail d'une grue sur camion, avec conduite au sol, la flèche est entrée en contact avec une ligne haute tension 20 kV située à 6 m du sol. Le chauffeur, qui portait des gants, a été projeté au sol et légèrement brûlé au pouce.
09/10/86	Lyon	Bâtiment T.P. CTN 02		Pendant des travaux de coulage de béton, la flèche de la grue est entrée en contact avec la ligne 15 000 V à l'aplomb du chantier. L'ouvrier qui guidait la benne a été électrisé. EDF avait répondu à la déclaration d'intention de travaux que la ligne ne gênait pas.
06/10/86	Toulouse	Travaux pour EDF	1	Pendant le levage d'un support de ligne électrique, au moyen d'un tracteur équipé d'un lève-poteaux, le support est entré en contact avec les conducteurs sous tension. La mise hors-tension avait été demandée à EDF, mais non réalisée. Les trois intervenants ont été projetés au sol ; deux ont été simplement choqués, le troisième a été tué.

TABLEAUX : 2^{ème} partie : Accidents survenus hors des zones industrielles ou similaires

Date	Région	CTN	Nombre de décès	Condensé des faits
01/09/86	Lyon	CTN 01	1	Electrocution d'un ouvrier qui accompagnait au sol une citerne manutentionnée par une grue. La flèche a heurté une ligne caténaire 2,7 kV d'une voie ferrée.
08/08/86	Bordeaux		1	2 ouvriers posaient un poteau le long d'une voie ferrée avec une grue. La flèche a touché la ligne 63 kV voisine. Un ouvrier est décédé, l'autre a été brûlé.
30/07/86	Clermont-Ferrand	Bâtiment T.P. CTN 02 (personnel intérimaire)	1	Utilisation d'une grue à bras télescopiques pour le déchargement d'un camion d'éléments préfabriqués sur un chantier d'autoroute. La flèche de la grue a touché une ligne haute tension 20 kV située à 12,2 m du sol. La victime accédait à la plateforme du camion en s'appuyant sur la grue.
24/07/86	Bordeaux		1	Electrocution d'un ouvrier suite au contact de son échelle avec une ligne 15 kV à proximité du bâtiment en réfection.
21/07/86	Montpellier	Bâtiment T.P. CTN 02	2	Pendant des travaux sur une ligne 20 kV mise hors tension, mais non mise à la terre et en court-circuit totalement, un groupe électrogène d'une société a réalimenté le réseau BT. La ligne a été réalimentée en 20 kV par l'intermédiaire du transformateur. 2 ouvriers ont été tués, un autre a été électrisé.

120

TABLEAUX : 2^{ème} partie : Accidents survenus hors des zones industrielles ou similaires

Date	Région	CTN	Nombre de décès	Condensé des faits
09/07/86	Lille	Bâtiment T.P. CTN 02	1	Un ouvrier dresse une échelle métallique et la transporte vers la maison en réfection. L'échelle heurte une ligne 15 kV voisine. L'ouvrier est électrocuté.
25/06/86	Lille	Commerces CTN 14		Le chauffeur-livreur de l'entreprise de commerce de matériaux effectuait une livraison sur un chantier avec un camion équipé d'un bras hydraulique. Pendant la manœuvre, un amorçage s'est produit entre le bras et une ligne 20 kV voisine. Le chauffeur livreur, qui avait les pieds sur le sol et les mains sur les manettes, a été brûlé.
19/06/87	Mulhouse	Bâtiment T.P. CTN 02	3	Sur un chantier de construction d'une maison individuelle, le conducteur de la grue sur camion déchargeait des matériaux. Pendant la manœuvre, la flèche a touché la ligne 20 kV à proximité et le conducteur a été électrocuté. En voulant leur porter secours, 2 autres personnes sont mortes électrocutées et une troisième a été commotionnée.
17/06/86	Toulouse		1	Pendant la construction d'un hangar à proximité d'une ligne 20 kV un ouvrier est électrocuté à la suite du contact de la poutrelle qu'il tenait avec les conducteurs électriques.
12/06/86	Nantes		1	Electrocution d'un salarié par contact de l'échelle métallique qu'il relevait (pour des travaux de couverture de toiture) avec une ligne 15 kV à proximité.

TABLEAUX : 2^{ème} partie : Accidents survenus hors des zones industrielles ou similaires

Date	Région	CTN	Nombre de décès	Condensé des faits
10/06/86	Strasbourg			Construction d'une maison individuelle sous une ligne 20 kV (50 cm de distance). L'ouvrier a surélevé la ligne en la repoussant avec un madrier. Pas de victime.
18/03/86	Lille	CTN 01	2	Deux ouvriers qui déplaçaient un échafaudage métallique pour des travaux de peinture sont électrocutés à la suite du contact de l'échafaudage avec une ligne 15 000 V voisine (à 6 m de distance de l'angle du bâtiment et à 7,10 m de hauteur). Pas de concertation avec EDF.
11/03/86	Montpellier	Bâtiment T.P. CTN 02		Chantier de construction de maison. Pendant le montage d'une grue "sapine", la flèche s'oriente dans le vent et vient au contact d'une ligne 20 kV voisine. Le monteur est brûlé.
09/01/86	Bordeaux			Au cours de manutention de banches métalliques stockées sous une ligne 15 kV, la grue automotrice entre en contact avec les conducteurs et l'ouvrier guidant la charge au sol est brûlé.
10/12/85	Lille		1	Pendant la construction d'un pavillon, un ouvrier est électrocuté en descendant de sa grue, mise accidentellement sous tension par suite du contact du câble de levage avec un conducteur isolé 220/380 V dont l'isolant a été détruit par le frottement du câble de la ligne.

TABLEAUX : 2^{ème} partie : Accidents survenus hors des zones industrielles ou similaires

Date	Région	CTN	Nombre de décès	Condensé des faits
10/12/85	Clermont-Ferrand	CTN 15	1	<p>Chantier d'autoroute. Utilisation d'un camion-grue pour la manipulation d'une barre métallique: La flèche de la grue a heurté une ligne haute tension 20 kV. L'ouvrier qui guidait la charge a été électrocuté.</p>
13/11/85	Rouen		1	<p>Après avoir livré son béton sur le chantier en utilisant un tapis transporteur, l'ouvrier a entrepris de nettoyer celui-ci. Une fois cette opération faite, le tapis a heurté la ligne haute tension pendant l'opération de repliement. L'ouvrier a été électrocuté.</p>
08/11/85	Tarbes		1	<p>Au cours d'une livraison d'aliments pour volaille, la vis orientable du camion est entrée en contact avec une ligne 20 kV. Le chauffeur a été électrocuté.</p>
09/10/85	Nancy			<p>Pendant la construction d'un hangar agricole, un appareil de levage mobile a, en cours de déplacement, heurté une ligne 20 kV. L'accompagnateur au sol, qui touchait la charge est brûlé.</p>
24/09/85	Lille	Bâtiment T.P. CTN 02		<p>Pendant un déchargement de terre avec un camion benne, dans une cour de ferme, la benne relevée est entrée en contact avec la ligne 15 kV voisine. Le chauffeur, bien qu'ayant déclaré ne pas avoir ressenti le passage du courant électrique, a néanmoins été choqué et ramené chez lui.</p>

TABLEAUX : 2^{ème} partie : Accidents survenus hors des zones industrielles ou similaires

Date	Région	CTN	Nombre de décès	Condensé des faits
21/08/85	Montpellier	Transports CTN 12	1	Pendant une livraison de terre végétale sur le chantier de construction d'une villa, avec un camion-benne, le chauffeur a fait entrer en contact la benne de son véhicule avec une ligne 20 kV à proximité. Le corps a été retrouvé à 3 m du véhicule. On suppose que le chauffeur appuyait sur les commandes de la benne depuis le sol.
25/07/85	Nantes		1	Pendant la construction des sols d'un court de tennis situé à proximité d'une ligne 20 kV, la benne d'un camion qui déchargeait du sable est venue en contact avec les conducteurs électriques. Le chauffeur, qui manœuvrait les commandes à partir du sol, est électrocuté.
09/07/85	Lille	Transports CTN 12		La grue ayant été stationnée sous une ligne haute tension, dans la cour d'une entreprise, le chauffeur déplie la flèche qui entre en contact avec la ligne électrique. En descendant de la cabine, le grutier est brûlé.
24/06/86	Lyon		1	Pendant le déplacement d'un silo avec une grue dans une carrière, la vis à ciment entre en contact avec une ligne 20 kV située sur le chemin de passage. L'ouvrier qui s'appuyait au silo est électrocuté.
14/06/85	Bretagne			3 ouvriers guidaient un compresseur pendant son chargement sur un camion au moyen d'une grue mobile. La flèche a heurté la ligne 63 kV et les 3 ouvriers ont été brûlés.

TABLEAUX : 2ème partie : Accidents survenus hors des zones industrielles ou similaires

Date	Région	CTN	Nombre de décès	Condensé des faits
30/04/85	Bretagne		1	Le chauffeur nettoyait le tapis de son camion de livraison de béton sous une ligne 20 kV, en limite de propriété du chantier. Le tapis, lors de l'opération de repliement, accroche la ligne électrique. Le chauffeur a été électrocuté.
03/04/85	Nantes		2	Electrocution de deux ouvriers peintres au cours du déplacement d'un échafaudage roulant qui vint au contact d'une ligne 20 kV.
12/03/85	Limoges		1	La grue mobile touche une ligne 20 kV au cours d'une manutention sur un chantier. L'ouvrier chargé de guider la charge est électrocuté. La ligne sera détournée.
05/03/85	Montpellier	Bâtiment T.P. CTN 02		Au cours d'une manutention de tuyauteries métalliques avec une grue mobile, la flèche a touché un câble d'une ligne aérienne. Un ouvrier qui était en contact avec le tuyau a été commotionné .
24/01/85	Lyon	Bâtiment T.P. CTN 02	1	La flèche d'une grue a heurté une ligne 20 kV au-dessus du chantier. L'ouvrier qui dirigeait la grue depuis le sol a été électrocuté. La mise hors tension avait été demandée à EDF.

TABLEAUX : 2^{ème} partie : Accidents survenus hors des zones industrielles ou similaires

Date	Région	CTN	Nombre de décès	Condensé des faits
29/12/84	Aveyron			Le salarié vérifiait le niveau dans des cuves à l'aide d'une barre de fer qui est entrée en contact avec la ligne 20 kV au-dessus : il a été électrisé (brûlures).
06/12/84	Clermont-Ferrand		1	Au cours du déchargement de pièces de bois de charpente, pour la construction d'une maison individuelle, le bras hydraulique installé sur le véhicule de transport heurte une ligne 20 kV ; le conducteur est électrocuté.
12/11/84	Lyon			Pendant la construction d'une maison située à 3,60 m d'une ligne 20 kV un ouvrier fait entrer en contact un chéneau avec les conducteurs sous-tension. Il est électrisé et fait une chute au sol.
22/10/84	Lille		1	Pendant les travaux de construction d'un immeuble, deux salariés dressent depuis le sol une échelle métallique de 9 m de haut le long du mur. Celle-ci touche une ligne 15 kV située à 4 m du bâtiment et à 8 m de hauteur.
11/10/84	Lyon	Bâtiment T.P. CTN 02	1	Pour remplacer l'ampoule d'un lampadaire, les 3 ouvriers dressent une échelle métallique qui vient en contact avec une ligne 20 kV à 5 m de la façade. Deux d'entre eux sont électrisés, le troisième est électrocuté.

TABLEAUX : 2^{ème} partie : Accidents survenus hors des zones industrielles ou similaires

Date	Région	CTN	Nombre de décès	Condensé des faits
19/09/84	Montpellier	Bâtiment T.P. CTN 02		Pendant la construction d'une maison, la victime manipulait une règle métallique qui est entrée en contact avec la ligne 20 kV à proximité.
07/09/84	Montpellier	Bâtiment T.P. CTN 02		En fixant une règle métallique sur le pignon d'une maison en construction, la victime est entrée en contact avec la ligne 20 kV située à 2,5 m au-dessus du mur et 0,80 m de l'aplomb extérieur de la villa. Pas de demande de mise hors tension à EDF.
27/08/84	Limoges		1	Pendant les travaux de construction d'une maison survolée par une ligne 20 kV, la grue est entrée en contact avec un conducteur électrique. Le préposé à la conduite est électrocuté.
17/08/84	Bretagne	CTN 11		Le chauffeur d'un camion équipé d'une vis d'Archimède venait livrer des aliments pour porcs dans un silo. Pendant la manœuvre, la vis a touché une ligne 20 kV située environ à 9 m du silo et 7,5 m de hauteur. Le chauffeur éjecté n'a pas subi de lésions graves.
20/07/84	Marseille		1	Sur un chantier de construction d'une maison, au cours du déploiement d'une grue hydraulique sur camion, l'appareil de levage entre en contact avec la ligne 20 kV à proximité, électrocutant l'ouvrier qui touchait le camion.

TABLEAUX : 2^{ème} partie : Accidents survenus hors des zones industrielles ou similaires

Date	Région	CTN	Nombre de décès	Condensé des faits
30/07/84	Toulouse		1	Pendant la construction du mur de clôture du cimetière, un ouvrier guidait une banche pour le chargement sur une remorque au moyen d'un chariot auto-moteur à fourche. Celui-ci a touché la ligne 20 kV située au-dessus du lieu de chargement (qui aurait pu être déplacé de quelques mètres). L'ouvrier a été électrocuté.
16/07/84	Bordeaux		1	Un ouvrier déplaçait un échafaudage à proximité d'une ligne 15 kV. Pendant l'opération, l'échafaudage est entré en contact avec les conducteurs. L'ouvrier a été électrocuté.
02/07/84	Clermont-Ferrand	Récupération CTN 01	1	La flèche de l'engin de levage a heurté la ligne (20 kV). La victime qui guidait la charge au sol a été électrocutée.
06/06/84	Lyon	Indus. bois CTN 03		Pour câbler son chargement de bois sur le camion, le chauffeur a lancé un câble métallique au-dessus du chargement. Le câble a accroché la ligne (hauteur, 8 m) qui était au-dessus du camion. Le chauffeur est brûlé.
18/05/84	Dijon			Pendant le lavage d'un camion-malaxeur pour livrer le béton, le tapis entre en contact avec la ligne 15 kV qui survole la carrière (hauteur, 9,7 m). Le chauffeur est électrisé en remontant dans le camion.

TABLEAUX : 2ème partie : Accidents survenus hors des zones industrielles ou similaires

Date	Région	CTN	Nombre de décès	Condensé des faits
23/02/84	Lyon	Bâtiment T.P. CTN 02		Après avoir foré, un ouvrier mettait en place un tube métallique qui est entré en contact avec une ligne 42 kV à 6,87 m de hauteur au-dessus de la ligne de travail. L'ouvrier a été brûlé.
09/11/83	Grenoble		1	Pendant les travaux de couverture d'une maison dont la rive du toit est située à 1,20 m d'une ligne 20 kV un ouvrier est grièvement brûlé en manipulant un chéneau qui est entré en contact avec les conducteurs. En se portant à son secours, un second ouvrier s'électrocute.
07/11/83	Nantes			Pendant les travaux de construction d'une maison, située sous une ligne 20 kV (à 9 m environ de hauteur), un ouvrier manipulait une armature métallique de 6 m de longueur qui est entrée en contact avec un conducteur. L'ouvrier a été brûlé.
30/09/83	Strasbourg	Bâtiment T.P. CTN 02	1	Pendant le stockage d'une palette de matériaux avec une grue à tour, le câble de levage est entré en contact avec une ligne 20 kV (hauteur, 8,20 m) qui traversait le chantier de construction de cette maison individuelle dans un lotissement. L'ouvrier guidant la charge au sol a été électrocuté. La demande de mise hors tension de la ligne avait été faite au distributeur qui avait refusé.
26/08/83	Paris	Bâtiment T.P. CTN 02		Electrisation d'un ouvrier par contact d'un tube métallique qu'il manipulait avec une caténaire sur une voie SNCF.

TABLEAUX : 2^{ème} partie : Accidents survenus hors des zones industrielles ou similaires

Date	Région	CTN	Nombre de décès	Condensé des faits
06/07/83	Bordeaux			<p>Au cours de travaux de couverture d'une maison, un ouvrier tenait un liteau humide qui est entré en contact avec la ligne 15 kV surplombant la maison de 1,3 m. L'ouvrier a été électrisé. Pas de déclaration d'intention de travaux à EDF. La ligne a été surélevée après l'accident.</p>
20/06/83	Orléans			<p>Electrisation de l'ouvrier tenant la chaîne reliée à la flèche d'un tracto-pelle qui a touché une ligne 15 kV au-dessus du chantier.</p>
29/04/83	Lyon		1	<p>Pendant les travaux de mise en place de la charpente d'une maison, le câble de levage d'une grue mobile touche la ligne haute tension. La victime qui guidait au sol le lève-palettes est électrocutée.</p>
01/04/83	Lille		1	<p>Pendant la construction d'une maison d'habitation, la victime procédait au repliement d'une grue mobile. Elle tenait le câble de levage à la main et celui-ci est entré en contact avec une ligne 15 kV.</p>
28/03/83	Paris		1	<p>Pendant le déchargement de fermettes sur le chantier de construction de la maison, située sous une ligne 20 kV à 8 m de hauteur, la grue entre en contact avec la ligne. Le chauffeur est électrocuté.</p>

TABLEAUX : 2^{ème} partie : Accidents survenus hors des zones industrielles ou similaires

Date	Région	CTN	Nombre de décès	Condensé des faits
29/06/82	Orléans Lotissement		1	Le chauffeur est électrocuté lors du contact du tapis transporteur du camion-béton avec une ligne 20 kV à environ 10 m du sol. Le camion était arrêté entre 2 pavillons sous la ligne haute tension. Cette ligne devait être déviée.
07/12/82	Nancy		1	Contact d'un échafaudage roulant, en cours de déplacement, avec une ligne électrique 20 kV à proximité; travaux de peinture d'un bâtiment. Une personne électrocutée, une autre grièvement brûlée.
03/12/82	Bordeaux			Au cours d'une opération de manutention de longrines en béton stockées sous une ligne 15 kV (hauteur, environ 12 m), la flèche de la grue entre en contact avec un conducteur de la ligne. L'élingueur est électrisé.
25/11/82	Dijon	Bâtiment T.P. CTN 02	1	Pendant le déplacement d'une grue qui portait une charge, la flèche touche la ligne haute tension qui survolait la carrière. Les deux accompagnateurs de la charge sont électrisés. L'un subit des brûlures, l'autre est électrocuté.
19/11/82	Calvados		1	Après des travaux de remise en place d'ardoise sur le toit d'une maison, les ouvriers relèvent leur échelle coulissante métallique pour la replier. Elle entre en contact avec la ligne 20 kV à proximité. un ouvrier est électrocuté, l'autre est légèrement brûlé.

1501

TABLEAUX : 2^{ème} partie : Accidents survenus hors des zones industrielles ou similaires

Date	Région	CTN	Nombre de décès	Condensé des faits
04/10/82	Nantes Lotissement		1	Electrocution par suite d'un contact direct ou amorçage entre le bras d'une pelle hydraulique et une ligne 20 KV . Le chauffeur a été certainement électrocuté au moment où il a posé le pied par terre. Les travaux consistaient en l'épandage de remblai pour la confection d'une chaussée. Pas de concertation EDF-entreprise pour la mise hors tension de la ligne.
16/09/82	Strasbourg	CTN 12	1	Après avoir déchargé son camion-benne sur le chantier de construction, le chauffeur avance son camion, benne relevée. Celle-ci accroche la ligne 20 KV qui surplombait le chantier. Le chauffeur descend de son camion pour se rendre compte des dégâts. En remontant dans le véhicule, il est électrocuté par le courant électrique rétabli automatiquement au poste de distribution. Un portique devait être installé sous la ligne.
03/09/82	Paris	Bâtiment T.P. CTN 02	1	Pendant la construction d'un bâtiment sous une ligne 63 KV (hauteur au sol, 9,80 m), un ouvrier fait entrer en contact un tirant de contreventement avec un conducteur. Il est électrocuté. Pas de déclaration de travaux à EDF.
04/08/82	Marseille		1	Au montage, une grue "sapine" entre en contact avec une ligne 20 KV Une personne décède, l'autre est brûlée.
01/07/82	Rouen			En effectuant une reprise d'étanchéité verticale sur une face d'un local transformateur, l'ouvrier est électrisé en s'approchant trop près de la ligne 20 KV.

TABLEAUX : 2^{ème} partie : Accidents survenus hors des zones industrielles ou similaires

Date	Région	CTN	Nombre de décès	Condensé des faits
18/06/82	Lille		1	En repeignant les murs du local transformateur, l'ouvrier est électrocuté après être monté sur une échelle métallique et avoir touché avec sa tête un conducteur 20 kV. Pas de concertation avec EDF pour les travaux
09/06/82	Toulouse		1	Pendant les travaux de couverture d'une maison, le bras de manutention d'un camion provoque un amorçage avec une ligne 20 kV située à 6 m. Le conducteur est électrocuté.
18/05/82	Clermont-Ferrand	Bâtiment T.P. CTN 02	1	La victime, opérateur géomètre, manipulait une balise en aluminium de 7,5 m avec laquelle il a heurté une ligne électrique (10 kV).
19/04/82	Strasbourg	Bâtiment T.P. CTN 02	1	Un aide-étancheur est électrocuté en déployant une échelle à coulisse métallique destinée à accéder à la toiture. L'échelle a heurté la ligne 20 kV à proximité.
05/04/82	Lille		1	Pendant l'intervention d'un ouvrier sur une grue, la flèche entre en contact avec la ligne 20 kV voisine. On suppose que la victime voulait faire des réglages sur la grue.

TABLEAUX : 2^{ème} partie : Accidents survenus hors des zones industrielles ou similaires

Date	Région	CTN	Nombre de décès	Condensé des faits
03/03/82	Gratens (31)	Briqueterie	1	Pendant un chargement de tuyaux dans le godet d'un "caterpillar-chenilles", l'ouvrier, dans le godet, est électrocuté à la suite du contact des tuyaux avec une ligne 10 kV.
20/01/82	Lyon			Pendant le transport d'une charge, sur un chantier d'enrobage, la grue est passée sous une ligne 20 kV et l'a touchée. L'accompagnateur au sol en contact avec la charge a été électrisé.
19/01/82	Saintes (17)		1	Contact direct entre une ligne 15 kV et l'échafaudage roulant que les victimes déplaçaient pour le démonter, après des travaux d'étanchéité d'un pavillon.
15/01/82	Marseille		1	Pendant des travaux de construction d'une villa située sous une ligne 20 kV (hauteur libre, 3 m), la victime a manipulé un acier à béton de 4,5 m de longueur environ, qui est entré en contact avec un conducteur. Pas de concertation avec EDF.
12/01/82	Corse		1	Au cours de travaux de construction d'une maison, la victime était sur la sablière, à 2 m sous la ligne 15 kV et a heurté la ligne électrique en manutentionnant une planche.

TABLEAUX : 2^{ème} partie : Accidents survenus hors des zones industrielles ou similaires

Date	Région	CTN	Nombre de décès	Condensé des faits
05/10/81	Lyon	Pierres et terres à feu CTN 05		Contact direct du tapis d'un camion de livraison de béton avec une ligne 15 kV à côté du chantier de construction d'une villa. Le chauffeur a été brûlé.
30/09/81	Lyon	Bâtiment T.P. CTN 02	1	Pendant la mise en place, avec une grue mobile, d'un portique de feux de signalisation, la flèche a heurté la ligne 20 kV (hauteur 9,5 m) située exactement au-dessus du lieu de travail. Le chauffeur qui guidait le portique a été électrocuté. Aucune demande de mise hors tension de la ligne n'avait été faite.
07/08/81	Clermont-Ferrand	EDF CTN 13	1	Manipulation d'une perche métallique par la victime; la perche serait entrée en contact avec une ligne électrique (15 kV).
20/05/81	Lyon	Bâtiment T.P. CTN 02	1	Pendant des manutentions avec une grue mobile, la flèche de l'engin est entrée en contact avec une ligne 10 kV. L'ouvrier, qui guidait un panneau au sol, a été électrocuté.
20/05/81	Clermont-Ferrand	CTN 15	1	Transport d'un crible métallique avec un porte-engin dans une sablière. Le chargement est entré en contact avec une ligne électrique. La victime a été tuée en remontant dans le camion.

TABLEAUX : 2ème partie "Accidents survenus hors des zones industrielles ou similaires"

Date	Région	CTN	Nombre de décès	Condensé des faits
06/06/80	Région parisienne	Bâtiment T.P. CTN 02	1	La victime déchargeait de son camion un panneau de blindage de tranchée à l'aide d'un bras hydraulique de manutention dont son camion est équipé. Le terrain (une ancienne carrière) était survolé à environ 1 m de l'aplomb de la clôture par une ligne aérienne 15 kV. Pendant le déchargement, la flèche a touché les conducteurs et la victime, qui manipulait les commandes de la grue depuis le sol, a été électrocutée.
18/03/80	Clermont-Ferrand	Bâtiment T.P. CTN 02	1	L'ouvrier utilisait une barre de fer pour bourrer du mortier; celle-ci est entrée en contact avec une ligne haute tension.
11/10/79	Clermont-Ferrand	Chauf.sanitaire CTN 02	1	La victime a heurté une ligne haute tension en rentrant une barre de cuivre par une fenêtre du 2ème étage d'un bâtiment. Entreprise de chauffage sanitaire.
04/10/79	Montauban	Gare SNCF	1	Par suite de la remise sous tension intempestive dans une gare SNCF d'une caténaire normalement consignée, la victime, qui procédait au remplacement de l'installation électrique, a été électrocutée.
07/07/78	Clermont-Ferrand	CFPA-Bâtiment CTN 15	1	La victime effectuait un stage en entreprise. Elle a heurté une ligne électrique avec une barre de fer de 6 m qu'elle déplaçait.

- 54 bis -

TABLEAUX : 2^{ème} partie : Accidents survenus hors des zones industrielles ou similaires

Date	Région	CTN	Nombre de décès	Condensé des faits
10/11/77	Clermont-Ferrand	Entrep. génér. d'électricité CTN 02	1	Levage d'un poteau béton avec un engin monté sur véhicule. Le poteau a vacillé et a touché une ligne haute tension. Les deux employés de l'entreprise générale d'électricité guidaient le poteau à sa base. L'un d'entre eux est électrocuté
14/09/76	Clermont-Ferrand	Bâtiment T.P. CTN 02	1	Le mât de la grue automotrice a heurté une ligne haute tension. Le Chef d'équipe qui guidait la manœuvre et tenait en main le crochet de la grue a été électrocuté.
08/06/76	Clermont-Ferrand	Transports CTN 14	1	Lors d'un déchargement de gravas, le haut de la benne du camion a heurté une ligne haute tension (15 kV) placée à 6,3 m alors que le haut de la benne relevée atteint 7,75 m. Le conducteur a été tué en descendant du véhicule.
04/03/76	Clermont-Ferrand	Bâtiment T.P. CTN 02	1	Rupture du câble de la grue; celui-ci a fouetté et a touché une ligne haute tension distante d'environ 8 m. La victime guidait la benne à béton.
09/06/72	Région parisienne	Bâtiment T.P. CTN 02	1	Sur un chantier de mise en place de tuyauteries souterraines le long d'une route nationale, une équipe d'ouvriers effectuait le levage de tuyaux métalliques (longueur 12,85 m) avec un camion-grue. Un amorçage s'est produit entre la flèche et les conducteurs de la ligne 63 kV voisine. Un accompagnateur de la charge au sol a été électrocuté.

TABLEAUX : 2^{ème} partie : Accidents survenus hors des zones industrielles ou similaires

Date	Région	CTN	Nombre de décès	Condensé des faits
02/11/70	Région parisienne	Bâtiment T.P. CTN 02	1	Pendant les travaux d'agrandissement d'un poste de transformation d'une usine, un ouvrier travaillait sur le toit de l'ancien bâtiment survolé à 1,5 m de hauteur par la ligne 15 kV qui alimente ce poste. En se relevant, la victime a touché les conducteurs électriques avec la tête et a été électrocutée. Un écran isolant avait été placé entre le toit et la ligne, mais il ne couvrait pas toute la surface.

5.2 Classification des accidents

A l'examen de ces tableaux, on peut constater que les accidents HT par contact avec des lignes aériennes ont pour la plupart des caractéristiques communes, qui se reproduisent d'une manière analogue : il s'agit bien souvent du contact d'une charge - soit directement, soit indirectement - avec une ligne 20 kV (ou de tension voisine) pendant une opération de manutention à proximité, avec ou sans véhicule. La charge est soit portée par un engin de levage et un accompagnateur au sol peut être présent, soit portée par la victime (échelles, tubes métalliques...,) soit poussée au sol (cas de l'échafaudage roulant). Un autre type d'accident très fréquent est dû au contact du tapis transporteur des camions de livraison de béton prêt à l'emploi avec les lignes aériennes.

Ces constatations conduisent à répartir ces accidents en 6 grandes catégories selon le tableau n° 10 ci-après :

- déplacement d'un échafaudage
- conduite d'un engin
- aides au sol
- échelles
- objets conducteurs longs.
- divers

REPARTITION DES ACCIDENTS SUIVANT LEUR TYPE

	Dans les zones industrielles		Hors zones industrielles		Total		Pourcentage	
	Nb d'accidents	Nb victimes	Nb d'accidents	Nb victimes	Nb d'accidents	Nb de victimes	Nb d'accidents	Nb victimes
déplacement d'un échafaudage	10	23	5	8	15	31	11,5	18,3
conduite (- camion béton (	1	1	6	6	7	7	5,3	4,1
d'un (- camion d'aliments (pour animaux (	0	0	2	2	2	2	1,5	1,2
(- foreuses (	1	1	1	1	2	2	1,5	1,2
engin (- autres (grues en (en général) (	7	9	22	25(1)	29	34	22,1	20,2
(- interventions (sur grues (2)	0	0	4	5	4	5	3,1	3,0
aides au sol	8	11	26	33	34	44	26	26
échelles	1	1	8	12	9	13	6,9	7,7
objets conducteurs longs	3	3	21	21	24	24	18,3	14,2
travail sur une ligne électrique ou à proximité	0	0	5	7	5	7	3,8	4,1
TOTAL dont décès	31	49 20	100	120 77	131	169 97	100	100 57

Tableau n° 10

(1) dont 3 en portant secours au chauffeur

(2) opérations de montage, démontage, réglages

Chaque catégorie appelle les remarques suivantes :

5.2.1 Déplacement d'un échafaudage (18,3 % des victimes)

Pendant cette opération, les ouvriers font rouler au sol l'échafaudage, qui heurte une ligne électrique voisine. Celle-ci n'était en général pas ignorée des intervenants ; mais comme elle faisait "partie du paysage", sa présence a été oubliée. Le nombre de victimes par accident est souvent important car plusieurs personnes sont généralement nécessaires pour pousser un échafaudage.

5.2.2 Conduite d'un engin (29,7 % des victimes)

Ce type d'accident, avec le suivant "aides au sol", est celui qui provoque le plus de victimes ; il est dû au heurt d'un élément déployé de grande hauteur installé sur engin avec des conducteurs aériens. On peut distinguer 4 types :

- . Les accidents dus aux camions de livraison de béton (4,1 % des victimes), soit pendant la phase de déploiement ou de repliement du tapis, soit pendant la phase de lavage : pour cette dernière opération, le chauffeur déplace en général son engin pour le laver à l'extérieur du chantier pour ne pas salir ce dernier. Pendant ce déplacement qui s'effectue souvent tapis déplié, ce dernier heurte une ligne voisine ; le chauffeur peut aussi arrêter son camion sous la ligne, sans l'avoir remarquée. Un facteur psychologique de l'accident réside aussi dans le fait que ce lavage s'effectue en fin de phase de travail, au moment où le chauffeur relâche son attention, en ayant terminé le travail principal qui était la livraison du béton. Dans le cas où le travail s'effectue en fin de journée, la fatigue du chauffeur ne peut qu'augmenter ces risques.
- . Le deuxième type d'accident de ce genre est dû aux camions de livraison d'aliments pour animaux, équipés de vis à grains ou de tapis déplié (1,2 % des victimes). Deux accidents seulement de ce type ont été recensés dans cette étude, qui ne prenait en compte que les salariés du régime général et non ceux des régimes agricoles. Pour ceux-ci, la Mutualité Sociale Agricole a recensé 9 accidents mortels de ce type pendant la période 1977-1987 (voir annexe n° 5).
- . La troisième catégorie correspondant aux accidents survenus dans des opérations de forage réalisés à proximité de lignes électriques aériennes. Deux accidents de ce type ont été répertoriés (1,2 % des victimes).
- . Enfin le quatrième type d'accident dû aux engins (20,2 % des victimes) est celui qui comprend les grues, qu'elles soient fixes (grues à tour par exemple) ou mobiles (grue hydraulique auxiliaire sur camion par exemple). C'est en général la flèche ou le câble de levage qui heurte les lignes électriques, et le chauffeur est électrocuté en descendant de son véhicule, en y montant, ou en manoeuvrant les commandes depuis le sol. Il faut constater qu'aucun chauffeur n'a été électrocuté, ou électrisé lorsqu'il est resté assis à son poste de commande, sans contact direct avec le sol. Cette constatation est d'ailleurs confirmée par le calcul (voir § 4.2.3). Parmi ces accidents ayant pour origine une grue, cinq (soit 3 % des victimes) sont survenus pendant des opérations de montage, démontage ou réglage.

5.2.3 Aides au sol (26 % des victimes)

Contrairement au cas précédent, l'ouvrier qui aide au sol, soit à la conduite de la grue, soit en accompagnant la charge, est en contact avec le sol. Comme ses mains se trouvent portées au potentiel de l'engin donc du réseau, le courant de défaut circule alors par son corps et l'issue est souvent fatale.

On peut remarquer que, dans deux cas d'accidents où les victimes portaient des gants (accidents du 5 décembre 1986 dans la région de Montpellier et du 26 octobre 1984 dans la région de Lilebonne ; voir pages 31 et 38), l'électrocution prévisible s'est transformée en brûlures avec commotion. Ces cas sont presque exceptionnels car, en général, le niveau d'isolement de ces éléments n'est pas suffisant pour la tension du réseau. Et a contrario, de nombreuses électrocutions sont survenues à des personnes portant des gants. Ce point sera revu au chapitre "moyens de prévention".

5.2.4 Echelles (7,7 % des victimes)

Ce type d'accident survient quand les ouvriers dressent une échelle métallique le long d'un mur, ou quand ils transportent cet élément, entièrement déployé et vertical. Dans les deux cas, l'échelle heurte les lignes électriques voisines.

5.2.5 Objets conducteurs longs (14,2 % des victimes)

Les accidents de ce type ont tous pour origine le contact avec les lignes électriques d'un élément conducteur de grande longueur, le plus souvent métallique ; mais l'accident peut aussi survenir avec un matériau en bois s'il n'est pas parfaitement sec : tubes en acier, règles de mètre, chêneaux, câbles métalliques, armatures pour béton armé, fers tors, planches mouillées... Ils sont manipulés à proximité des conducteurs électriques par la victime qui est en contact avec le sol, soit directement, soit par l'intermédiaire du bâtiment en construction sur lequel elle travaille.

5.2.6 Divers (4,1 % des victimes)

2 accidents sont survenus lors de travaux d'ordre électrique sur des conducteurs aériens, à la suite d'une remise sous-tension intempestive.

3 accidents concernent des victimes qui, en accomplissant des travaux d'ordre non électrique (peinture par exemple) trop près de lignes électriques HT, ont fait un faux mouvement et sont entrés en contact avec les conducteurs.

5.3 Répartition des accidents par comité technique national

Le tableau n° 11 suivant indique la répartition des accidents étudiés par comité technique national (CTN). Le nombre le plus élevé se rencontre pour le CTN 2 "Bâtiment et Travaux Publics" (28,2 % des accidents) et pour un groupe "non précisé" (48,8 %).

Bien que le CTN d'appartenance de la victime n'ait pas été explicitement précisé dans l'enquête après l'accident, le contexte laissait nettement supposer qu'il s'agissait d'activités relevant du CTN 2, mais pouvant être exécutées par du personnel relevant d'autres CTN, comme par exemple les CTN n° 5 (Industries des Pierres et Terres à feu) et n° 15 (Activités du groupe interprofessionnel). Par souci de rigueur, ces accidents ont été classés dans ce groupe "non précisé".

Deux autres CTN sont également touchés par ces accidents, mais à un degré bien moindre : il s'agit du CTN 1 (Métallurgie) et du CTN 12 (Transports et manutentions).

Les exemples d'accidents-type rencontrés pour les CTN n° 1 et 15 sont les suivants :

CTN 1 : Electrocutation d'un salarié lors de travaux dans son entreprise, à proximité de la ligne électrique HT qui survole ces bâtiments

CTN 15 : Electrocution du chauffeur du camion de livraison de béton appartenant à une entreprise relevant du CTN 15, et non du CTN 2 comme habituellement. Ce cas s'est rencontré plusieurs fois.

A l'examen de cette répartition des accidents, il apparaît que le cas du CTN 2 est le plus préoccupant, mais que plusieurs autres CTN sont également concernés. Une importante action de prévention doit donc être menée auprès du personnel relevant, soit des activités du Bâtiment et Travaux Publics, soit de la fourniture et de la livraison de matériaux de construction.

REPARTITION DES ACCIDENTS PAR COMITE TECHNIQUE NATIONAL

CTN	Dans les zones industrielles	Hors des zones industrielles	Total	%
01 - Industries de la Métallurgie	2	3	5	3,8
02 - Industries du Bâtiment et des Travaux Publics	7	30	37	28,2
03 - Industries du Bois	0	1	1	0,8
04 - Industries Chimiques	0	0	0	0
05 - Industries des Pierres et Terres à Feu	0	2	2	1,5
06 - Industries du Caoutchouc-Papier-Carton	1	0	1	0,8
07 - Industries du Livre	0	0	0	0
08 - Industries Textiles	0	0	0	0
09 - Industries du Vêtement	0	0	0	0
10 - Industries des Cuirs et Peaux	0	0	0	0
11 - Industries et Commerces de l'alimentation	0	1	1	0,8
12 - Industries des Transports et de la manutention	0	3	3	2,3
13 - Industries de l'Eau, du Gaz et de l'électricité	0	2	2	1,5
14 - Commerces non alimentaires	0	4	4	3,1
15 - Activités du Groupe Inter-professionnel	3	4	7	5,3
Non précisé (1)	16	48	64	48,8
Divers	2	2	4	3,1
TOTAL	31	100	131	100

(1) vraisemblablement CTN n° 2 pour un grand nombre (voir § 5.3.)

5.4 Répartition des accidents suivant la tension de la ligne

- L'examen du tableau n° 12 permet de tirer certaines conclusions :

Parmi les 131 accidents connus de l'INRS,

- 79,3 % (qui se répartissent en 19 % dans les zones industrielles et 60 % hors des zones industrielles) surviennent avec des lignes électriques dont la tension est comprise entre 15 et 30 kV,
- 10,7 % (qui se répartissent en 3,8 % dans les zones industrielles et 6,9 % hors des zones industrielles) surviennent avec des lignes électriques de tension 2,7 - 10 - 42 - 63 - 90 - 400 kV,
- 9,2 % surviennent avec des lignes dont la tension n'a pas été précisée dans l'enquête d'accident ; mais le contexte laisse à penser qu'il s'agit certainement de lignes de tension comprise entre 15 à 30 kV,
- 1 seul accident en BT (220/380 V, câbles isolés) a été répertorié.

Ces chiffres montrent clairement que l'effort de prévention doit porter avant tout sur les lignes de tension comprise entre 15 et 30 kV, dont celles à 20 kV représentent la majorité.

Année 19-	70	72	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	Total	Pourcentage
Dans les zones industrielles																	
BT																0	0,00
15 à 30 KV			1						1	3	4	10	1	2	3	26	19,00
Autres				63kV								45 kV	400kV 90 kV 90 kV			5	3,80
Non précisé											1					1	0,80
Hors des zones industrielles																	
BT													1			1	0,80
15 à 30 kV	1			1	1			1	3	16	9	15	11	15 2,7kV	6	79	60,30
Autres		63kV							10 kV	10kV 10kV 63 kV		42kV	63kV	63 kV		9	6,90
Non précisé				2		1	2	1	1	1			2		1	11	8,40
TOTAL	1	1	1	4	1	1	2	2	6	23	14	27	19	19	10	131	100,00

REPARTITION DU NOMBRE DES ACCIDENTS EN FONCTION DE LA TENSION DE LA LIGNE

Tableau n° 12

6 - SITUATIONS PRINCIPALES DE RISQUES

Au cours des visites que nous avons effectuées dans les zones industrielles des régions de Marseille, le Havre, Rouen et après examen des enquêtes d'accidents, nous avons relevé les principales situations de risques dans les établissements suivants, installés à proximité d'une ligne électrique HT :

- Vente, exposition, stockage de matériels ou matériaux de travaux publics
- Entreprises de ferrailage (véhicules hors d'usage, ...).
- Stockage et gerbage de produits divers (planches, fûts, caisses, produits chimiques, containers,...).
- Entreprises possédant une aire de stationnement pour camions, ou un quai de déchargement pour camions ou wagons.
- Entreprises de construction de bateaux.
- Silos de stockage.

7 - FACTEURS POTENTIELS D'ACCIDENTS

Les principaux facteurs à l'origine des accidents étudiés peuvent être regroupés comme ci-dessous. Pour chacun, les moyens de prévention envisageables ont été indiqués avec le numéro du paragraphe dans lequel ils sont traités plus en détail.

7.1 Conducteur nus sous-tension

Ce facteur est bien évidemment l'élément primordial du risque. Mais ce qui se révèle particulièrement frappant à la visite de certaines zones industrielles (celle de Vitrolles surtout), c'est la grande densité des lignes aériennes (photos n° 1, 2 et 3, annexe 1), densité qui augmente d'autant le risque. Cette présence de trop nombreux conducteurs aériens est due principalement aux morcellements des lots dans le temps (remaniement, vente d'une partie, etc...) qui ont nécessité des alimentations nouvelles avec de nouveaux supports et de nouvelles lignes. Cette situation pourrait certainement être améliorée par une réduction du nombre des supports et une mise en souterrain des adjonctions du réseau.

Quoiqu'il en soit, la présence de conducteurs nus sous-tension lors des travaux réalisés à proximité doit être évitée au maximum, voire supprimée, par les moyens de prévention suivants :

- mise hors tension des conducteurs (§ 8.3)
- isolation ou déplacement de la ligne (§ 8.4 et 8.5)
- mise en place d'obstacles (§ 8.6)
- détecteurs d'objets en mouvement (§8.12)
- mise en souterrain de la ligne ou d'une partie de celle-ci (§ 8.9)

7.2 Non identification du risque

A la lecture des comptes-rendus des enquêtes d'accidents, on est frappé de voir que dans 95 % des cas environ, la présence de la ligne aérienne n'avait pas été remarquée (ou avait été oubliée). S'agissant d'un risque grave (accident aboutissant le plus souvent à un décès), l'acquisition de l'information de la présence d'une ligne aérienne doit être aisée pour le personnel travaillant à proximité ; c'est pourquoi la signalisation doit être d'une part, impérativement réalisée (§ 8.6) et d'autre part, mise en place dès l'implantation de la ligne, au moyen de dispositifs installés à demeure (par exemple marquage au sol, panneaux analogues à ceux du code de la route...).

7.3 Utilisation d'un élément conducteur de grande hauteur (ou longueur)

Les différents cas ont été déjà recensés précédemment. Les dispositifs de prévention éventuellement applicables sont les suivants :

- modification du mode de travail (§ 8.2.2)
- isolation de la partie conductrice de l'engin susceptible d'entrer en contact avec la ligne électrique (§ 8.4.2)
- détecteurs de lignes (§ 8.10)
- Dispositifs limiteurs de portée (§ 8.11)
- Télécommande de l'engin (§ 8.14).

7.4 Contact de la victime entre le sol et l'élément de grande hauteur (ou longueur)

La victime est électrocutée car un courant circule dans son corps entre le sol et les conducteurs aériens, par l'intermédiaire de l'élément de grande hauteur en contact avec ceux-ci.

Les moyens de prévention envisageables consistent à interrompre cette continuité du circuit électrique :

- équipements de protections individuels isolants, sous réserve de précautions d'emploi (§ 8.13)
- dispositifs de télécommande sans fil (§ 8.14)
- pour mémoire : déclenchement des dispositifs de protection du distributeur public ; mais ceci est sans effet sur la prévention et les conséquences de l'accident corporel (§ 4.1.2) car l'intensité du courant traversant le corps de la victime est de toutes façons supérieure aux limites admissibles.

7.5 Accès ou abandon de la cabine de conduite

Plusieurs accidents ont eu lieu quand le chauffeur de l'engin posait un pied au sol, tout en étant encore au contact de la cabine sous-tension, soit par son autre pied, soit avec une main.

Rester assis à son poste de conduite, si possible en lâchant les commandes, évite l'électrocution (§ 4.2)

De même, il ne faut, sous aucun prétexte, monter dans un engin dont la flèche est en contact avec une ligne électrique sous-tension.

La seule mesure de prévention correspondante est l'information ou la formation du personnel (§ 8.1).

7.6 Réenclenchements automatiques sur la ligne

Ces réenclenchements (étudiés au § 4.1.2) sont à l'origine de plusieurs décès dans l'accident du 19 juin 1987 de la région de Mulhouse : Pendant la manoeuvre d'une grue sur camion, la flèche a heurté la ligne 20 kV et le conducteur a été électrocuté. En voulant lui porter secours, une autre personne est électrocutée également, pour avoir voulu dégager la victime au moment du réenclenchement "lent". Puis deux autres personnes, interviennent également auprès des victimes, malheureusement au moment du réenclenchement manuel ; l'une décède, l'autre est commotionnée.

Ce type de cause d'accident peut difficilement être évité sinon en considérant tout conducteur électrique aérien comme étant toujours sous tension. Néanmoins, dans le cas de travaux sous-tension effectués par son personnel, l'exploitant de la ligne a la possibilité de mettre celle-ci en "régime spécial d'exploitation", c'est-à-dire précisément de supprimer ces réenclenchements. Cette disposition, si elle pouvait être appliquée dans tous les cas de travaux effectués à proximité d'une ligne aérienne, serait certainement un élément de prévention supplémentaire.

7.7 Absence de surveillant

Le décret du 8 janvier 1965 prévoit que, lorsque la ligne électrique n'a pu être mise hors tension, ou hors de portée du personnel, par obstacles ou isolation, (art. 177 § b) "le chef d'établissement est tenu de désigner une personne compétente ayant pour unique fonction de s'assurer que les travailleurs ne franchissent pas la limite de la zone de travail et de les alerter dans le cas contraire".

Or, dans tous les accidents étudiés, aucun surveillant n'était présent lors des travaux. Néanmoins l'estimation, par la "personne compétente", de la distance entre la ligne électrique et le câble de levage, par exemple, est très difficile à faire à l'oeil nu, d'autant plus que cette personne devrait également prendre en compte la vitesse de la grue, pour pouvoir avertir suffisamment tôt le personnel. En conséquence, la question suivante peut être posée : l'absence de surveillant est-elle bien un facteur supplémentaire d'accident ? En l'absence d'éléments précis pour répondre à cette question, nous admettrons que la présence d'un surveillant est un facteur de prévention (voir § 8.8).

8 - MESURES DE PREVENTION

Les principales mesures de prévention possibles qui ont été recensées sont regroupées dans le tableau n° 13 ci-après et étudiées aux pages suivantes. Néanmoins, certaines de ces mesures (détections d'objets en mouvement par exemple) ne sont que le résultat d'une réflexion théorique et leur réalisation effective devra faire l'objet d'une étude de faisabilité.

TABLEAU n° 13

Facteurs potentiels d'accidents	Mesures de prévention
Conducteurs nus sous tension	<ul style="list-style-type: none"> - mise hors tension - isolation ou déplacement de la ligne - mise en place d'obstacles - détecteurs d'objets en mouvement - mise en souterrain de la ligne
Réenclenchements automatiques de la ligne	<ul style="list-style-type: none"> - Considérer tout conducteur électrique aérien comme étant toujours sous tension - Avertir le distributeur public des travaux à proximité de la ligne
Utilisation d'un élément conducteur de grande longueur	<ul style="list-style-type: none"> - Modification du mode de travail (formation et information du personnel)
Utilisation d'un engin de grande hauteur	<ul style="list-style-type: none"> - Isolation de la partie conductrice de l'engin susceptible d'entrer en contact avec la ligne électrique - Détecteurs de ligne - Dispositifs limiteurs de portée - Télécommande sans fil - Formation et information du personnel
Non identification du risque	<ul style="list-style-type: none"> - Signalisation ; mise en place d'obstacles, de portiques, de consignes - Formation et information sur la nature du risque
Contact de la victime entre le sol et l'engin de grande hauteur	<ul style="list-style-type: none"> - Formation et information du personnel - Equipements de protection individuelle (sous certaines réserves) - Télécommande sans fil - Elingues isolantes (sous certaines réserves)
Abandon de la cabine de conduite	<ul style="list-style-type: none"> - Rester dans la cabine (formation et information)
Absence de surveillant	<ul style="list-style-type: none"> - Présence d'un surveillant - Etudier les causes de l'absence du surveillant afin d'y remédier - Formation et information du personnel

8.1 Formation et information du personnel

En examinant les enquêtes d'accident, on remarque que dans beaucoup de cas, le personnel connaît peu la réglementation (décret du 8 janvier 1965) et est mal informé des risques qu'il court.

L'action de formation et d'information auprès du personnel est donc à intensifier. Dans cet esprit, il faut rappeler qu'une campagne d'information a été proposée à la CNAM et qu'elle verra peut-être le jour dans les années prochaines.

Un certain nombre d'actions ont déjà été néanmoins entreprises et des documents édités :

- film INRS "L'opéra de quatre fils"
- affiches autocollantes INRS (références AK 926 et AK 27)
- recommandations de la CRAM de Nantes (29 avril 1982)
- circulaire n° 70/21 du 21 décembre 1970 du Ministère de l'Industrie (définissant un arrêté préfectoral type reprenant les articles du décret du 8 janvier 1965) (1)
- circulaire n° 72/38 du 28 juin 1972 du Ministère de l'Industrie relative à l'affichage disponible dans les centres distributeurs d'électricité
- affiche E.D.F. "Lignes aériennes : attention"
- dépliant O.P.P.B.T.P. "Travaux à proximité des lignes électriques aériennes" (G1H0181)
- diapositives sonores O.P.P.B.T.P. "Travaux à proximité des lignes aériennes" (G4D0178)

8.2 Prévention intégrée

8.2.1 Par modification du réseau électrique

Le réseau devrait être tel que, à la suite d'un contact direct, aucun effet dangereux pour l'opérateur n'apparaisse. Or ce n'est pas le cas : le point neutre étant relié à la terre (2), soit directement (lignes de 1ère catégorie) soit par l'intermédiaire d'une impédance (lignes de 2ème et 3ème catégories), et des capacités et résistances importantes existant naturellement entre les conducteurs et le sol du fait de la grande longueur des conducteurs, un courant dangereux peut traverser le corps d'une personne reliée au potentiel de la terre en cas de contact direct avec des conducteurs aériens. Pour obtenir une prévention intégrée, il serait nécessaire d'isoler complètement le réseau du sol et d'utiliser des conducteurs très courts, ce qui est techniquement et matériellement impossible. Abaisser la tension du réseau à 25 ou 50 V est tout aussi impensable...

8.2.2 Par modification du mode de travail

Avant de mettre en oeuvre un élément conducteur de grande hauteur (ou longueur) à proximité d'une ligne électrique aérienne, les différents intervenants, chef d'établissement, architecte, entrepreneur, doivent s'interroger sur la nécessité d'une telle action : Peut-être pourrait-on implanter le bâtiment en construction, ou la grue, plus loin de la ligne électrique ? Remplacer les chéneaux en zinc par d'autres en PVC, ou les échelles métalliques par d'autres d'un modèle isolant (3) ?...

Cette modification du mode de travail doit se concevoir le plus en amont possible de l'opération prévue, si bien sûr la présence de la ligne a été remarquée.

- (1) Pour les exploitations agricoles, seuls les arrêtés préfectoraux concernant des mesures se rapportant exclusivement aux périodes de grands travaux, aux conditions de logement des salariés agricoles, ou à l'emploi des jeunes sont autorisés par la loi n° 88-1202 du 30 décembre 1988 (article 50) ; cette disposition exclut les arrêtés traitant de problèmes de sécurité, et rend caduques ceux éventuellement déjà pris en ce sens (région de Bretagne par exemple)
- (2) arrêté technique du 26 mai 1978, articles 45, 55 et 66.
- (3) norme NF C 18-430 et NF C 85-002

8.3 Mise hors tension

C'est l'un des deux principaux moyens explicités dans le décret du 8 janvier 1965, (articles 171 à 185) l'autre étant le travail à distance ou protégé par des obstacles si cette mise hors tension n'a pu être obtenue.

Ce moyen est bien évidemment le plus sûr, à condition que toutes les phases de la consignation (1) aient bien été réalisées : séparation, condamnation, affichage, vérification de l'absence de tension, mise à la terre et en court-circuit de chaque côté du point de travail. Ces différentes phases se concrétisent en pratique par la remise au chef d'établissement par l'exploitant d'une attestation de mise hors tension, conforme à l'arrêté du 3 mars 1965 (publié au Journal Officiel du 14 mars 1965). Malheureusement cette attestation ne prévoit pas la mise à la terre et en court-circuit, ce qui a été à l'origine d'électrocutions de personnels travaillant sur des lignes électriques, lors de réenclenchements intempestifs.

Quoiqu'il en soit, cette mise hors-tension, (article 174 du décret du 8 janvier 1965) ne peut pas toujours être mise en oeuvre, et est laissée à l'appréciation du distributeur d'énergie (article 176 du même décret) : "lorsque l'exploitant a fait connaître par écrit qu'il ne peut pour une raison qu'il juge impérieuse, mettre hors tension la ligne..., le chef d'établissement doit, avant le début des travaux et en accord avec l'exploitant, arrêter les mesures de sécurité à prendre".

Or, il apparaît que dans la majorité des cas, cette mise hors tension de la ligne ne peut être réalisée par l'exploitant pour diverses raisons : continuité de service, travail à proximité de la ligne estimé non dangereux...; dans ce cas d'autres moyens doivent être mis en place à la charge du chef d'établissement : isolation des conducteurs, obstacles, portiques, marquage au sol,...

Cette réglementation ne prévoit aucune réciprocité dans les engagements demandés à l'exploitant de la ligne et au chef d'établissement : c'est à ce dernier seulement qu'incombe la mise en place d'une protection en cas de refus du premier. Une proposition de modification de cette réglementation est présentée aux § 8.6 et 9.3.2.(2)

La ligne peut également rester sous tension pour une autre raison : le chef d'établissement ne contacte pas l'exploitant, soit parce qu'il ne connaît pas cette possibilité, soit parce qu'il craint d'affronter "l'Administration" et de perdre beaucoup de son temps. En théorie, la procédure est facile puisqu'il suffit au chef d'établissement d'adresser au distributeur d'énergie électrique, 10 jours avant le commencement des travaux, l'imprimé spécial de déclaration d'intention de commencement de travaux (3). Mais en pratique, le chef d'établissement peut souhaiter rencontrer rapidement l'interlocuteur concerné, ne serait-ce que pour obtenir un conseil ; dans ce cas, il est possible de se demander si l'intéressé (artisan, chef de chantier, etc...) connaît le numéro d'appel téléphonique du service compétent de l'exploitant. Dans ce contexte, la mise en place d'un service avec numéro d'appel unique (numéro "vert" par exemple ou minitel) destiné à ce seul but, pourrait être un élément d'information sur la procédure à suivre. Ce service pourrait en outre avoir un rôle d'incitation et de conseil quant aux mesures de prévention à mettre en oeuvre lorsque la mise hors tension ne peut être obtenue, ainsi qu'un rôle d'information pour les personnels confrontés occasionnellement à ce risque (installateurs d'antennes, de télévision, couvreurs...).

Ce moyen permettrait peut-être l'obtention plus rapide de la mise hors tension de la ligne, ce qui serait, pour le chef d'établissement, un élément incitateur à en faire la demande.

(1) décrites dans la publication UTE C 18-510

(2) Voir position E.D.F. sur le sujet à l'annexe n° 6

(3) voir annexe n° 5

8.4 Isolation

Cette méthode de prévention ne peut évidemment être mise en place que par l'exploitant de la ligne.

8.4.1 Isolation des conducteurs

- . Ponctuellement :

Cette technique, applicable sur des conducteurs nus, est facilement réalisable en BT, mais plus difficilement en HT et seulement sur de courtes distances autour des isolateurs. Elle ne peut donc qu'être très ponctuelle et non généralisable.

- . Remplacement des conducteurs nus par du câble à conducteurs isolés :

Cette technique est au point et peut être mise en oeuvre sans difficultés particulières. Néanmoins, le poids important du câble nécessite des supports plus rapprochés et plus résistants que pour des conducteurs nus. Cette contrainte entraîne un prix élevé pour ce type de réseau, qui atteint parfois celui d'un réseau souterrain.

8.4.2 Isolation du matériau en contact avec la ligne

On pourrait aussi envisager d'isoler le matériau en contact avec la ligne électrique (extrémité ou totalité de la flèche de grue par ex.). Bien que cette solution ne soit pas simple à mettre en oeuvre, elle est réalisable techniquement (enrobage par résines époxydes par ex) pour les tensions jusqu'à 20 kV environ, mais devrait pour être pleinement efficace, être généralisée à tous les matériels existants (grues, échafaudages (1), échelles (1), tubes (!)...), ce qui paraît être difficile. De plus, par temps de pluie, le risque pourrait réapparaître. Cette méthode est en application dans la région de Rennes depuis quelques années (capotage par résine époxyde de l'extrémité des vis à grain des camions de livraison d'aliments pour bétail).

8.5 Eloignement

Dans certains cas, un simple déplacement de l'engin de levage de quelques mètres, éviterait la situation de risques, sans pour autant nuire au bon déroulement des opérations. C'est le rôle du responsable du chantier ou du chef d'établissement d'examiner le site et de prendre éventuellement une telle disposition.

Si le déplacement de l'engin de levage ne peut être obtenu, l'exploitant de la ligne peut éventuellement la détourner ou la surélever, aux frais du demandeur en général ; encore faut-il qu'il soit questionné !..

La surélévation systématique des lignes dans les zones industrielles pourrait être éventuellement une solution à étudier, bien qu'elle soit à priori très onéreuse.

- (1) Des échafaudages et échelles isolantes existent dans le commerce, mais n'ont pas fait l'objet d'essais de la part de l'INRS ; le principal problème lié à l'utilisation de ces matériels réside dans le maintien dans le temps de leurs caractéristiques d'isolation, maintien pas toujours assuré.

8.6 Mise en place d'obstacles ou de portiques avertisseurs

Ces moyens sont à la charge du chef d'établissement, et c'est pour cette raison que, en général, les difficultés de réalisation surviennent. Le coût de ces travaux ayant été souvent, soit oublié lors de l'élaboration du devis du chantier, soit sous-estimés, le chef d'établissement refuse alors de les réaliser ; il peut aussi penser qu'ils devraient être à la charge du distributeur puisqu'après tout, ce dernier est responsable de cette situation, même si le réseau est conforme à l'arrêté technique interministériel du 26 mai 1978 .

La modification du décret du 8 janvier 1965 pourrait apporter un élément de solution à ce problème : ces travaux pourraient être réputés à la charge du distributeur, même si celui-ci devait récupérer la dépense correspondante par la suite auprès du chef d'établissement. Cette méthode aurait peut-être l'avantage "psychologique" d'ôter au chef d'établissement toute hésitation avant de demander la mise hors tension de la ligne, car il saurait que le problème technique de la mise en place des obstacles ne lui incomberait pas. De plus, la réciprocité des engagements entre le chef d'établissement et l'exploitant serait assurée.

Enfin, la fabrication de ces éléments, pourrait être rationalisée, voire normalisée, et non réalisée artisanalement et d'une manière non adaptée, comme on le voit encore trop souvent. L'entretien et les réparations après détérioration pourraient certainement être gérés efficacement sur un secteur regroupant plusieurs entreprises.

Par ailleurs, pendant la mise en place de ces obstacles, les risques que l'on veut supprimer subsistent toujours ; or ils seraient certainement diminués si l'exploitant de la ligne, habitué aux travaux sur les installations électriques, se chargeait de leur réalisation.(1)

8.7 Mise en place de consignes et panneaux avertisseurs

Si ces éléments sont nécessaires pour rappeler en permanence à chacun la présence du risque électrique, ils ne sont en aucun cas suffisants, et doivent s'accompagner obligatoirement de mesures d'interdictions matérielles (obstacles, isolations, portiques, porte d'accès à la zone dangereuse...).

Un exemple d'application de cette technique consiste, pour l'aire de stationnement d'une entreprise installée sous une ligne électrique, à délimiter la zone dangereuse par marquage au sol, et à en interdire l'accès par des chaînes ou barrières, avec mise en place de panneaux avertisseurs (photo n° 5, annexe n° 1) ; la même technique peut être appliquée à l'aire de stockage des matériaux. Il est important que cette délimitation soit réalisée physiquement, sinon cette zone pourrait par la suite être réutilisée par le personnel de l'entreprise, qui pourrait avoir oublié le risque électrique.

Evidemment, cette méthode de prévention neutralise une certaine surface au sol, ce qui cause un préjudice à l'entreprise ; cet inconvénient ne pourrait être supprimé qu'en déplaçant la ligne ou en installant des obstacles sous celle-ci.

8.8 Présence d'un surveillant

Il convient de s'interroger pourquoi ce surveillant n'était pas systématiquement prévu par le chef d'établissement dans tous les cas d'accidents étudiés. Après enquête auprès de quelques entreprises, deux raisons principales apparaissent : la méconnaissance de cette obligation et surtout les dépenses supplémentaires en frais de personnel.

La première raison peut être la conséquence d'un manque d'information ou de formation du personnel, qui peut être pallié théoriquement facilement ; mais la seconde raison relève des intentions du chef d'établissement, ou de son personnel, soit pour une meilleure rentabilité du chantier, soit par l'application de "la loi du moindre effort", soit par manque d'organisation... Toutes ces motivations sont très difficiles à modifier.

Il conviendrait certainement d'engager une recherche d'ordre psychologique sur ce point, et au vu des résultats, de modifier éventuellement le décret du 8 janvier 1965.

(1) Voir position E.D.F. sur le sujet à l'annexe n° 6

8.9 Mise en souterrain du réseau 20 000 V

Ce moyen semble a priori séduisant, car les risques de contacts directs sont énormément réduits, sauf évidemment dans le cas de travaux en sous-sol.

Les statistiques E.D.F. de déclenchements des dispositifs de protection montrent que ceux survenant sur les lignes souterraines sont infiniment moins nombreux que ceux survenant sur les lignes aériennes. Par contre les premiers provoquent une interruption de service beaucoup plus longue que les autres, car le dépannage nécessite en général d'ouvrir une tranchée ; de même des branchements supplémentaires sont plus difficiles à réaliser que sur un réseau aérien. Par ailleurs, la séquence de réenclenchement automatique n'existe pas pour les lignes souterraines (voir § 4.1.2), ce qui supprime un risque supplémentaire propre aux lignes aériennes. Néanmoins pour des lignes aériennes "mixtes" comprenant des faibles portions en souterrain, la séquence de réenclenchement serait certainement maintenue. Enfin, dans le cas du réseau souterrain, le heurt d'un outil de terrassement avec un des conducteurs du câble se traduit presque systématiquement par un court-circuit par suite de la proximité de tous les conducteurs dans le câble ; ce courant de court-circuit est alors éliminé très rapidement par les dispositifs de protection contre les surintensités. Cette rapidité de mise hors tension du câble peut ne pas se rencontrer sur les lignes aériennes si l'intensité du courant de défaut à la terre est inférieure au seuil de réglage des protections (la valeur maximale de ce courant de défaut peut être de 300 A pour les réseaux aériens, et de 1000 A pour les réseaux souterrains).

Un des principaux inconvénients des réseaux souterrains était un coût de construction en général plus élevé que pour un réseau aérien ; c'est pourquoi les promoteurs des zones industrielles choisissent la solution "aérienne" si la possibilité leur en est laissée. Néanmoins une étude réalisée il y a plusieurs années par le Ministère de l'industrie (direction du gaz, de l'électricité, et du charbon) a montré que, sous certaines conditions (zone industrielle neuve, terrain favorable, ...), le coût d'un réseau souterrain n'était pas supérieur à celui d'un réseau aérien. De plus avec les moyens actuels de pose mécanisée dans le sol, cette solution de réseau souterrain semble être encore plus économique et bien adaptée au cas des câbles 20 kV (1).

Il semble qu'actuellement toutes les zones industrielles neuves soient réalisées avec des réseaux souterrains ; c'est d'ailleurs l'orientation donnée dans la plupart des cas par la Société centrale pour l'équipement du territoire (S.C.E.T.) lorsqu'elle intervient comme conseil auprès des collectivités locales ; pour les autres zones aménagées par des investisseurs privés, la S.C.E.T. n'est pas consultée et la solution la plus économique est généralement retenue.

En fait aucun texte réglementaire de portée nationale n'impose l'une ou l'autre des solutions. Il existe bien à E.D.F. une instruction de service (GC 3430 et GTE 2411) précisant les modalités financières pour l'alimentation des zones industrielles, mais n'abordant pas le choix du type de réseau aérien ou souterrain. Une enquête est en cours dans le même organisme pour recenser le type de construction des réseaux des dernières zones industrielles installées. Pour la région de Marseille, une visite que nous avons réalisée le 25 septembre 1986 dans 14 zones industrielles montre que, (voir relevé détaillé dans le tableau suivant n° 14) :

- toutes les distributions d'énergie électrique sont souterraines pour les zones de la ville de Marseille, qu'elles soient de constructions anciennes ou récentes,
- les distributions d'énergie électrique dans les zones à l'extérieur de Marseille sont, soit aériennes pour les zones anciennes, soit souterraines pour les zones récentes,
- pour le secteur de Vitrolles, on constate un effort pour aménager les zones nouvelles en distribution souterraine,
- pour la zone industrielle d'Aubagne, l'extension prévue sera réalisée en souterrain.

(1) "Enterrer plus de lignes électriques : mythe ou réalité". Revue "Epure" n° 22, avril 1989 ; Direction des études et recherches d'E.D.F.

Zones industrielles de la région de Marseille

Zones industrielles	Nombre approximatif de lots	Observations
MARIGNANE LA PALUN (vers Vitrolles)	15	Distribution enterrée avec une arrivée aérienne 63 kv. Il existe une ligne aérienne isolée (torsadée) 20 kv en bordure de zone.
ZAC de PANJOLY (vers Vitrolles)	10	Distribution enterrée - Il existe une seule ligne aérienne isolée (torsadée).
Z.A.C. L'AGAVON (vers Vitrolles)	15	Distribution enterrée avec postes de transformation au sol répartis dans toute la zone. 2 arrivées générales EDF enterrées. Livraison MT enterrée pour "la roche aux fées".
LES PENNES MIRABEAU (vers Marignane)	5	Distribution à la fois enterrée et aérienne (20 kv conducteurs nus). Lors de notre passage, deux flèches de grues à tour évoluaient au dessus des lignes non protégées. La ligne aérienne surplombe une zone de stockage d'épaves de véhicules avec gerbage en hauteur.
ROGNAC NORD (vers Marignane)	40 à 50	La majorité de la distribution est enterrée Une arrivée aérienne en bordure de zone traverse un parking de camions-bennes (Ets PEGASO). Une autre arrivée avec poste bas de poteau surplombe aussi un parking de camions (Ets SATEM). 2 postes HT sont situés à coté des Ets GIRPL.
LES MILLES	150 à 200	Toute la distribution est enterrée sauf une seule ligne 20 kv aérienne (conducteurs nus) qui traverse toute la zone pour alimenter un seul poste H 61. Il existe de nombreux postes cabines (SOPAD,.....).

Tableau n° 14

Zones industrielles	Nombre approximatif de lots	Observations
<p>LA PALUN (Gardanne)</p>	<p>20 à 30</p>	<p>Distribution aérienne 20 kv conducteurs nus, avec de nombreux croisements. "Forêt de poteaux". La centrale thermique de LA PALUN est à proximité et les lignes HT (220 kv vraisemblablement) surplombent la zone. Cette zone est à comparer à celle de Vitrolles pour les nombreux risques d'origine électrique qu'elle représente.</p>
<p>PEYNIER-ROUSSET (vers Aix en Provence)</p>	<p>40</p>	<p>Zone ancienne avec distribution aérienne en conducteurs nus. Les risques sont nettement moins importants que dans la zone précédente.</p>
<p>AUBAGNE LES PALUS</p>	<p>50 à 60</p>	<p>Zone ancienne avec distribution aérienne totale en conducteurs nus. Les lots sont surplombés par de nombreuses bretelles de raccordement. (par exemple au dessus de l'entrée des camions des Ets SOMEAG, qui distribue du béton prêt à l'emploi dans la zone de livraison et de stockage des sables).</p>
<p>AUBAGNE ST MITRE</p>	<p>30 à 40</p>	<p>Distribution aérienne en conducteurs nus avec implantation de même type que celle de la zone précédente.</p>
<p>LES AYGALADES (Marseille)</p>	<p>15</p>	<p>Distribution entièrement souterraine.</p>
<p>MARSEILLE NORD</p>	<p>50</p>	<p>idem</p>
<p>LA DELORME (Marseille Nord)</p>	<p>40</p>	<p>idem</p>
<p>ARTIZANORD (Marseille Nord)</p>	<p>15</p>	<p>Alimentation générale souterraine sur un poste de livraison et distribution dans la zone en souterrain.</p>

Tableau n° 14

Dans cette même région de Marseille, une instruction de service émanant de la Direction Départementale de l'Équipement depuis fin 1987 précise que, dans le cadre du Plan d'Occupation des Sols, toutes les nouvelles zones à activités industrielles ou commerciales devront être équipées en souterrain. La généralisation de cette décision à l'échelon national, par exemple par adjonction d'un article correspondant dans l'arrêté technique du 26 mai 1978, mérite d'être étudiée.

Pour les zones industrielles existantes, la mise en souterrain du réseau aérien déjà installé entraîne des frais très importants qui ne seront envisageables que dans certaines zones à hauts risques. Une solution plus économique consisterait à transformer en souterrain uniquement les parties de raccordement entre la ligne principale et le transformateur de l'abonné ("les bretelles"). Malheureusement les services d'E.D.F. (Marseille) interrogés à ce sujet, ont répondu ne pas pouvoir réaliser cette modification pour des raisons de sécurité. Par contre, une autre méthode pourrait être envisagée : à l'occasion d'une demande d'augmentation de puissance d'un abonné, celui-ci pourrait être alimenté en BT dans le cadre du tarif jaune, en profitant de l'implantation d'un poste de transformation par E.D.F., commun à plusieurs entreprises. (Le coût d'un tel branchement était en 1987, de l'ordre de 18 000 F augmenté de 150 F par mètre de tranchée).

8.10 Détecteurs de lignes électriques

En respect des articles 172 et 177 du décret du 8 janvier 1965, le chef d'établissement doit s'assurer que son personnel, lors de travaux à proximité de lignes électriques, ne s'approchera pas -ou n'approchera pas les outils ou les matériels qu'il utilise - à une distance inférieure à :

- 3 m pour les lignes de tension entre phases inférieures à 57 000 V (1),
- 5 m pour les lignes de tension entre phases égale ou supérieure à 57 000 V (1).

L'utilisation d'un dispositif automatique avertissant l'opérateur dès le franchissement de la limite semble donc tout indiqué. On trouvera en annexe n° 3 une étude comparative réalisée par la Caisse régionale d'assurance maladie du Languedoc Roussillon des différents principes de dispositifs qui pourraient être réalisés, mais dont seuls les systèmes à détection de champ électromagnétique ont été commercialisés.

8.10.1 Principe de fonctionnement des détecteurs de champ électrique

L'espace entourant un conducteur électrique sous-tension est le siège d'un champ magnétique et d'un champ électrique.

- a) Le champ magnétique h à une distance x d'un conducteur parcouru par un courant i est égal à :

$$h = k \frac{i}{x} \quad (k \text{ est une constante, } i \text{ en ampères, } x \text{ en mètres)}$$

Comme on le constate, si la ligne électrique est simplement sous tension mais ne débite pas, le champ magnétique est nul. Cette méthode ne peut donc être utilisée pour la détection systématique des lignes aériennes qui, parfois, ne débitent aucun courant mais sont néanmoins sous tension. La détection du champ magnétique est uniquement utilisée pour les canalisations BT (généralement souterraines) en leur injectant un courant connu à l'avance.

- (1) Cette valeur a été ramenée à 50 000 V dans la publication UTE C 18-510 et devrait également être modifiée dans la future version du décret du 8 janvier 1965.

- b) Le champ électrique est uniquement fonction de la tension de la ligne, grandeur présente même si aucun courant n'est véhiculé, dès que la ligne est mise sous tension. Néanmoins sa répartition est influencée par la présence de tout élément porté au potentiel de la terre.
La mesure du champ électrique en un point se traduit plus facilement par la mesure du potentiel en ce point.
Il est égal en première approximation à :

$$v = \frac{U}{2 \operatorname{Log} \frac{4h_A}{d}} \cdot \operatorname{Log} \frac{x_{A'}}{x_A}$$

avec : v = potentiel (en volt) par rapport au sol
 x_A = distance en mètre du point par rapport au conducteur A
 $x_{A'}$ = distance en mètre du point par rapport au symétrique A' conducteur A par rapport au sol (en volt)
 U = valeur de la tension de la ligne par rapport au sol (en volt)
 h_A = distance en mètre du conducteur A par rapport au sol
 d = diamètre en mètre du conducteur

Dans le cas d'une ligne triphasée, le potentiel est la somme des potentiels produits par chaque conducteur. Si le point neutre de la ligne est relié au sol directement ou par une impédance (réseaux de 1ère et 2ème catégorie), la formule ci-dessous est applicable (le potentiel de la ligne est fixé par rapport au sol) ; sinon le potentiel résultant en un point de l'espace au voisinage de la ligne est fonction des impédances de fuite de chaque conducteur par rapport au sol et ne peut être prédéterminé par le calcul.

$$v = U \left(\frac{\cos \omega t}{2 \operatorname{Log} \frac{4h_A}{d}} \cdot \operatorname{Log} \frac{x_{A'}}{x_A} + \frac{\cos \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right)}{2 \operatorname{Log} \frac{4h_B}{d}} \cdot \operatorname{Log} \frac{x_{B'}}{x_B} + \frac{\cos \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right)}{2 \operatorname{Log} \frac{4h_C}{d}} \cdot \operatorname{Log} \frac{x_{C'}}{x_C} \right)$$

avec : U = tension de la ligne par rapport au sol
 A, B, C : conducteurs de la ligne triphasée
 A', B', C' : symétriques de ces conducteurs par rapport au sol
 h_A : hauteur du conducteur A par rapport au sol
 h_B : hauteur du conducteur B par rapport au sol
 h_C : hauteur du conducteur C par rapport au sol
 d = diamètre des conducteurs

Cette relation montre que dès qu'on s'éloigne de la ligne, le potentiel prend une valeur très faible, mais néanmoins non nulle (sauf dans le cas où $x_{A'} = x_{B'} = x_{C'}$ avec simultanément $x_A = x_B = x_C$ et $h_A = h_B = h_C$)

Ce potentiel peut être détecté par un voltmètre à haute impédance d'entrée, raccordé entre la sonde et le sol, mais la distance de la sonde à la ligne est en principe impossible à déduire de la mesure effectuée, puisque la tension de la ligne n'est pas connue à l'avance. C'est pourquoi les détecteurs doivent être pré-réglés pour une tension définie. En général c'est celle de 20 kV qui est retenue, car elle représente le plus grand pourcentage des cas. Mais cette méthode oblige à faire un pari sur la prévention, en ne prenant pas en compte les lignes à d'autres tensions.

8.10.2 Caractéristiques nécessaires de ces détecteurs

Les principales caractéristiques de ces détecteurs peuvent être dégagées :

- sécurité positive : la défaillance d'un composant du système ou de la source d'alimentation doit entraîner la mise en sécurité de l'engin sur lequel il est installé, c'est à dire le blocage des commandes du dispositif de levage,
- fiabilité : le taux de pannes et d'erreurs de l'appareil doit être le plus possible voisin de zéro,
- insensibilité aux conditions d'environnement (pluie, brouillard, température, rayonnement, vibrations...),
- détections des lignes dans tous les cas de configuration (triphasee, monophasée, lignes multiples parallèles ou croisées...) et si possible quelle que soit la tension (impérativement sur la plage 20 kV),
- pour être complets, ces dispositifs devraient pouvoir également détecter la ligne même si elle est hors-tension : en effet, la flèche de l'engin de levage peut être en contact avec une ligne mise hors-tension pour travaux, mais à la remise sous-tension, l'accident peut survenir. Mais dans ce cas le principe de fonctionnement par détection du champ électrique ne peut être retenu puisqu'il nécessite la mise sous-tension de la ligne. Il faudrait alors avoir recours à un autre principe de détection, par exemple par mesure de distance, qu'il serait intéressant de mettre au point.

8.10.3 Principaux fabricants

Le 1er juin 1989 a eu lieu à l'INRS Nancy une journée technique au cours de laquelle les principaux fabricants de détecteurs de champ électromagnétique ont présenté leur matériel.

Les sociétés suivantes étaient représentées :

- CATU : appareil en cours de commercialisation en France
- RAYCO (ASCOREL) : appareil non encore commercialisé en France
- SATI : appareil commercialisé en France et aux Etats-Unis, ayant fait l'objet d'un compte rendu d'essais de la part d'E.D.F.
- SURCABLES : appareil en cours de commercialisation en France

Actuellement aucune étude comparative de ces différents matériels n'a été engagée à l'INRS.

Parmi tous les dispositifs cités (détection du champ électrique, radiolocalisation, laser, radar, procédés optiques ou acoustiques) seuls, à notre connaissance, ceux utilisant la détection du champ électrique et du courant capacitif ont été commercialisés et mis en application sur des engins possédant un élément déployé de grande hauteur.

8.11 Dispositifs limiteurs de portée

A la différence des dispositifs précédents, ceux-ci bloquent le mouvement du bras de l'engin quand il arrive dans la zone dangereuse. Ces systèmes sont donc programmés à l'avance et ne peuvent être utilisés que sur des engins installés à poste fixe. Ils posent les mêmes problèmes de sécurité positive, de fiabilité, d'insensibilité aux conditions d'environnement, que pour les détecteurs de lignes électriques.

Un dispositif analogue, demandé par l'Inspection du Travail de Toulouse, pourrait permettre d'éviter les accidents dus aux camions qui roulent benne relevée et heurtent les lignes électriques. Néanmoins, cet asservissement devrait tenir compte du cas où le chauffeur est dans l'obligation de faire avancer légèrement son véhicule pour dégager les matériaux qui s'accumulent et se bloquent sous la benne ; cette condition rend bien difficile pour l'instant la réalisation d'un tel dispositif.

8.12 Détecteurs d'objets en mouvement

Au lieu de détecter la présence de la ligne par un dispositif embarqué sur un engin de grande hauteur, on pourrait envisager d'inverser le problème : des dispositifs placés à demeure sur la ligne (sur les supports, en fait) détecteraient la présence d'objets en mouvement dans la zone dangereuse. Cette détection pourrait être associée à une alarme, voire à une coupure automatique de la ligne, mais dans ce dernier cas, le coût de l'installation serait certainement prohibitif.

Cette solution n'est pour le moment qu'une idée théorique, mais la multiplicité des appareils détecteurs existants (radars hyperfréquence, infra rouge, lasers,...) inciterait à étudier la faisabilité de ce dispositif. Une des principales difficultés de réalisation serait le réglage de la sensibilité du détecteur pour tenir compte des différentes surfaces des "cibles" possibles (flèche de grue, câble de levage, etc...).

8.13 Equipements de protection individuelle

En BT, pour des travaux réalisés à proximité d'une ligne électrique sous-tension, l'utilisation de gants (1), coiffures (2), vêtements isolants, et éventuellement plancher isolant (3), est obligatoire (décret du 8 janvier 1965 article 177). En MT ou HT, cette condition n'est pas reprise ; elle est remplacée par l'obligation du travail à distance, ou à l'arrière d'obstacles.

En effet, l'utilisation de tels équipements, principalement les chaussures (4) et les gants isolants, ne doit être considérée que comme une précaution supplémentaire, qui doit toujours être associée à un moyen de prévention principal (obstacles, isolation par ex.). Ces équipements doivent être utilisés et entretenus dans de bonnes conditions pour conserver leurs caractéristiques d'isolation. Or dans la pratique, sur les chantiers, ces équipements sont soumis à de fortes contraintes et leurs qualités diélectriques diminuent rapidement (gants perforés, chaussures mouillées ou boueuses...). Pour augmenter le niveau de sécurité, ces gants et chaussures devraient être employés, en bon état, en association avec un tabouret ou plancher isolant (adapté à la tension considérée). Mais une telle utilisation est très difficile à mettre en oeuvre dans la pratique, sauf peut-être pour les véhicules (camion-grues, camions de livraison du béton,...) : dans ce cas, il serait même possible d'envisager de fixer un tabouret rabattable sur le châssis du véhicule, à proximité des commandes de l'appareil élévateur, de façon que le chauffeur ne puisse utiliser ces commandes qu'avec les pieds sur le plancher.

8.14 Dispositifs à télécommande

La sécurité apportée par l'utilisation de ce type de dispositif réside dans le fait qu'il existe, entre le camion et chauffeur soit une isolation en rapport avec la tension du réseau (télécommande par fil), soit mieux une discontinuité totale du circuit électrique sur une grande distance (télécommande radio ou infrarouge). La télécommande par câble est en fait à écarter, car même si l'isolation offerte par certains dispositifs est de 4 000 V (classe II), cette valeur est bien inférieure à la tension du réseau le plus fréquemment à l'origine des accidents (20 000 V entre phases, soit 11 600 V entre phase et terre).

Seule la télécommande sans liaison matérielle avec l'engin de levage est à retenir (par radio, par infrarouge ou tout autre méthode équivalente) ; les principaux inconvénients de ces dispositifs sont le prix et la fiabilité. Néanmoins des dispositifs de ce type (infrarouge) équipent depuis plusieurs années des camions de livraison de béton dans la région de Rennes, à la satisfaction des utilisateurs.

Il ne faut pas perdre de vue également que l'utilisation de dispositifs à télécommande n'évite pas l'électrisation d'une personne en contact avec l'engin qui heurte une ligne électrique aérienne (cas de l'aide ou de l'accompagnateur de la charge au sol).

- (1) norme NF C 18-415
- (2) norme NF S 72-202
- (3) spécifications E.D.F. 71 et 72
- (4) norme NF S 73-010

8.15 Elingues isolantes

En théorie, une élingue isolante, pour la tension de la ligne, évite l'électrisation à l'accompagnateur au sol. Malheureusement, il n'existe aucune norme de fabrication des élingues relative à leur niveau d'isolement, si bien que celui-ci peut être différent suivant le fabricant, dans la mesure bien évidemment, où ce dernier est en mesure de proposer à la vente ce type de matériel.

Or, il apparaît qu'aucun fabricant, connu de l'INRS, ne peut proposer actuellement des élingues isolantes de caractéristiques diélectriques garanties pour la tension habituellement la plus rencontrée sur les lignes aériennes (20 kV).

Certes, les services d'E.D.F. emploient des élingues isolantes pour certains travaux sous-tension, mais chaque élingue fait l'objet d'essais d'isolement complets et est confiée ensuite à un personnel ayant reçu une formation spécifique, tant pour son utilisation que pour son entretien.

En conclusion, l'emploi d'élingues dites "isolantes" ne saurait à lui-seul, constituer un moyen de prévention contre les risques d'électrisation ; il ne peut être employé que complémentairement à un moyen de prévention principal (éloignement ou obstacles par exemple), en espérant que la présence de cette élingue, de résistance électrique élevée, diminuera l'intensité du courant circulant à travers le corps de la victime et contribuera ainsi à minimiser les conséquences de l'accident.

9 - JURISPRUDENCE

La jurisprudence, en matière d'accidents dus aux contacts directs avec des lignes électriques aériennes, retient en général la responsabilité de l'employeur pour faute inexcusable, lorsque ce dernier n'a pas fait la demande de mise hors tension de la ligne au distributeur.

La Cour de Cassation a défini la faute inexcusable par les cinq critères suivants :

- faute d'une gravité exceptionnelle,
- dérivée d'un acte ou d'une omission volontaire,
- l'employeur (ou son substitué) aurait dû avoir conscience du danger,
- absence de cause justifiant l'acte (ou l'omission) reproché,
- absence d'élément intentionnel.

Pour qu'une Cour d'Appel établisse la faute inexcusable, elle doit constater l'existence de tous ces éléments, mais elle n'est pas tenue d'en faire la mention expresse.

La participation de la victime ou d'un tiers à la faute, peut exonérer partiellement ou totalement l'employeur des conséquences de sa faute inexcusable.

Une sélection d'arrêtés de la Cour de Cassation confirmant la condamnation pour faute inexcusable de l'employeur est indiquée aux pages suivantes.

**Contact d'une grue avec ligne sous-tension - Salarié électrocuté -
Faute inexcusable de l'employeur
Cour de Cassation - Chambre sociale, 27 juin 1988 -
Arrêt n° 425 - Rejet**

Les faits

Un salarié a été électrocuté, la grue qui déplaçait une charge ayant heurté une ligne électrique, alors que lui-même retenait la charge pour éviter des oscillations. Le grutier, appartenant à une autre société, avait utilisé cette grue de sa propre initiative, alors que l'employeur avait prévu l'utilisation d'un engin de levage dont la taille permettait d'éviter tout risque de contact avec la ligne.

La procédure

La Cour d'Appel a condamné l'employeur pour faute inexcusable au motif qu'il n'avait pas fait couper le courant par l'E.D.F., et qu'il n'avait pas donné d'instructions au conducteur de la grue.

Le grutier avait été condamné pénalement.

La décision

Pour rejeter le pourvoi de l'employeur, la Cour de Cassation constate que la condamnation pénale du préposé d'une autre entreprise, n'empêchait pas la Cour d'Appel de rechercher si l'employeur de la victime n'avait pas commis lui-même des fautes ayant joué un rôle déterminant dans la survenue de l'accident.

La responsabilité générale du chantier incombait à l'employeur de la victime dans le cadre d'un travail en commun sous sa responsabilité. Il lui incombait de veiller aux règles de sécurité, notamment de faire mettre hors tension la ligne électrique ; en effet, cette précaution aurait rendue sans conséquence la faute du conducteur de la grue.

**Salarié électrocuté en transportant une poutrelle
sous une ligne haute tension -
Faute inexcusable de l'employeur
Cour de Cassation - Chambre sociale, 13 janvier 1988 -
Arrêt n° 172 - Rejet**

Les faits

Un salarié a été électrocuté en circulant porteur d'un poutrelle métallique sous une ligne haute tension passant au-dessus du chantier.

La procédure

L'employeur a été condamné pour infraction au décret du 8 janvier 1965.
Il a été relaxé du chef d'homicide involontaire mais la Cour d'Appel a retenu contre lui une faute inexcusable.

La décision

Pour rejeter le pourvoi de l'employeur, la Cour de Cassation constate que la Cour d'Appel a retenu l'existence d'une relation entre le décès de la victime et la faute de l'employeur, celui-ci ayant fait procéder à des travaux au voisinage d'une ligne électrique sans avoir préalablement obtenu sa mise hors tension, en violation des articles 174 et 175 du décret du 8 janvier 1965.
La Cour d'Appel ayant souligné le caractère déterminant de cette faute était fondée à juger qu'elle présentait un caractère inexcusable.

**Salarié électrocuté par une benne en contact avec une ligne électrique-
Faute inexcusable de l'employeur
Cour de Cassation - Chambre sociale, 19 juin 1985 -
Arrêt n° 2579 - Rejet**

Les faits

Un salarié a été électrocuté en touchant le hayon d'une benne placée en position haute par son employeur et qui est entrée en contact, dans sa partie supérieure, avec une ligne électrique.

La procédure

La Cour d'Appel a condamné l'employeur au profit de la veuve pour faute inexcusable au motif que la maladresse de la victime aurait été sans conséquence si l'employeur avait pris les mesures nécessaires qui lui incombent.
L'employeur avait été condamné pénalement.

Les moyens invoqués

L'employeur se pourvoit en cassation en invoquant deux moyens :

- 1) Il reproche à la Cour d'Appel d'avoir retenu la faute inexcusable alors que la gravité de ses fautes serait atténuée par la maladresse de la victime.
- 2) Il fait grief à la Cour d'Appel de n'avoir pas réduit la rente en conséquence.

La décision

La Cour de Cassation estime que la Cour d'Appel, tout en ayant relevé la maladresse ou l'erreur d'appréciation de la victime n'a envisagé celles-ci qu'à titre de simple hypothèse ; car la Cour d'Appel analysant l'ensemble des faits, a estimé que la cause déterminante de l'accident résidait dans les fautes de l'employeur qui a installé sans nécessité une bétonnière sous une ligne électrique, en pleine conscience du danger, et qui n'a pris aucune disposition pour que le câble électrique soit mis hors d'atteinte de l'engin du salarié, qui par sa hauteur était susceptible d'entrer en contact avec lui.

La Cour de Cassation rejette donc le pourvoi de l'employeur.

**Salarié électrocuté par une ligne moyenne tension -
Faute inexcusable de l'employeur
Cour de Cassation - Chambre sociale, 6 mars 1985 -
Arrêt n° 995 - Cassation**

Les faits

Un salarié a été électrocuté à la suite du contact d'une grue manoeuvrée par un autre salarié de la même entreprise, avec une ligne sous tension passant au-dessus du chantier.

La procédure

- condamnation de l'employeur pour faute inexcusable en première instance
- la Cour d'Appel rejette la faute inexcusable de celui-ci au motif que l'accident avait eu pour cause déterminante la faute du grutier, ouvrier expérimenté, qui s'était trop approché de la ligne à moyenne tension

La décision

Pour casser l'arrêt, la Cour de Cassation constate que la Cour d'Appel retenait que l'employeur avait été condamné pénalement pour non-respect des mesures de sécurité (défaut de signalisation de la zone de travail, absence de consignes écrites, absence d'un appareil détecteur de tension). Ces fautes, et non celles du grutier étaient la cause déterminante de l'accident.

**Salarié électrocuté par le contact de la grue avec une ligne haute tension -
Cour de Cassation - Chambre sociale, 1er février 1984 -
Arrêt n° 438 - Cassation**

Les faits

Un salarié a été électrocuté par le contact de la grue, qu'il manoeuvrait en chargeant un camion, avec une ligne haute tension.

La procédure

La Cour d'Appel a débouté la veuve de son action en majoration de rente et en paiement de dommages - intérêts au motif que la victime n'ignorait pas l'existence d'une ligne haute tension à tel endroit (angle Sud Est de l'entrepôt) et qu'elle a fait preuve d'imprudence, ayant connaissance du danger, en plaçant son camion et sa grue à cet endroit, alors qu'à l'ouest, le danger de contact était écarté.

L'employeur avait été condamné pénalement.

Les moyens

Les demandeurs (la veuve et ses enfants) se pourvoient en cassation contre l'arrêt de la Cour d'Appel, au moyen unique que l'imprudence qu'a pu commettre le salarié victime en plaçant la grue à l'est... dérivait nécessairement du non respect, (sanctionné pénalement), par l'employeur des règlements de sécurité qui lui imposaient de donner des consignes écrites et de délimiter les zones dangereuses et que la faute de l'employeur était déterminante.

La décision

La Cour de Cassation casse l'arrêt de la Cour d'Appel au motif que cet arrêt a eu tort d'écarter la faute inexcusable de l'employeur en raison de la faute de la victime (imprudence), car l'électrocution de la victime résulte du non respect par l'employeur des mesures de sécurité, ce qui est déterminant. Donc la Cour d'Appel a violé l'article L.468 du Code de la Sécurité Sociale en ne retenant pas la faute inexcusable.

**Salarié électrocuté par le heurt de la nacelle dans laquelle
il se trouvait par une ligne basse tension -
Faute inexcusable de l'employeur
Cour de Cassation - Chambre sociale, 18 novembre 1976 -
Arrêt n° 1462 - Rejet**

Les faits

Un salarié procédait à la mise en place d'un câble électrique destiné à remplacer un réseau de fils nus. La nacelle dans laquelle il se trouvait ayant au cours d'une manoeuvre, brisé un câble de ligne basse tension, le salarié a été mortellement électrocuté.

La procédure

La Cour d'Appel avait condamné le responsable du chantier (substitué à l'employeur) pour faute inexcusable, au motif que celui-ci n'avait pris aucune des mesures de sécurité réglementaires, et n'avait pas veillé à ce que les salariés portent l'équipement isolant mis à leur disposition.

La décision

Pour rejeter le pourvoi de l'employeur, la Cour de Cassation constate que la Cour d'Appel a retenu les faits suivants :

- la ligne près de laquelle la nacelle devait évoluer n'avait pas été mise hors tension ;
- les fils de ladite ligne n'avaient pas été isolés ;
- la victime ne portait ni casque ni gants isolants et n'avait reçu aucune directive particulière sur la nécessité de porter cet équipement mis à sa disposition.

L'ensemble de ces faits constitue, pour la Cour d'Appel, une faute d'une exceptionnelle gravité présentant les caractères de la faute inexcusable.

**Manoeuvre d'une grue - Salarié électrocuté -
Faute inexcusable de l'employeur
Cour de Cassation - Chambre sociale, 3 octobre 1969
Arrêt n° 1090 - Rejet**

Les faits

Un ouvrier grutier placé sous l'autorité de son chef de dépôt, procédait au levage de 2 cuves sous une ligne électrique haute tension. En se dirigeant vers l'une des cuves, flèche dressée à la verticale, il heurta un conducteur électrique. Il sauta alors de sa cabine et s'électrocuta.

La procédure

La Cour d'Appel de Colmar a retenu la responsabilité de l'employeur pour faute inexcusable. La société s'est donc pourvue en cassation et a tenté de prouver que la victime avait commis une faute lourde en ne respectant pas les consignes et instructions qui lui étaient données et en agissant avec légèreté.

La décision

La Cour de Cassation a rejeté le pourvoi en considérant, comme la Cour d'Appel, que les éléments de la faute inexcusable de l'employeur étaient bien réunis. En effet, le préposé de la société qui n'a pas suffisamment informé la victime récemment embauchée, sur les risques encourus et les mesures de sécurité à respecter pour la manoeuvre de la grue et la conduite à tenir en cas de contact avec une ligne haute tension, et qui, de plus, n'a pas demandé la mise hors tension de la ligne, a commis des omissions volontaires d'une gravité exceptionnelle qui ont directement causé l'accident.

10 - RESUME

L'étude des statistiques et des enquêtes d'accidents survenus par contacts directs avec des lignes électriques aériennes en conducteurs nus a fait ressortir les éléments suivants :

10.1 Statistiques

On peut dénombrer tous les ans en moyenne 4 accidents mortels de ce type, pour le personnel E.D.F. et des entreprises extérieures employées par cet organisme, et 36 accidents pour les usagers et tiers, dont 4 dans le régime agricole et 12 dans le régime général de la Sécurité Sociale.

10.1.1 Régime général de la Sécurité Sociale

- Ces accidents sont le plus souvent mortels (97 décès pour 169 victimes soit 57,4 %).
- Ils représentent la part la plus importante de l'ensemble des accidents mortels d'origine électrique : 39 décès pour 111 au total dans le régime général de la Sécurité Sociale pour la période 1983-1985, soit 35 %.
- Ils surviennent principalement au personnel du secteur Bâtiment et Travaux Publics (56 % des accidents mortels par électrocution pour la période 1983-1985).
- Ils se répartissent en 6 grandes catégories (voir § 5-2 et suivants) :
 - déplacement d'un échafaudage (18,3 % des victimes),
 - conduite d'un engin (29,7 % des victimes),
 - aide au sol (26 % des victimes),
 - utilisation d'échelles (7,7 % des victimes),
 - utilisation d'objets conducteurs longs (14,2 % des victimes).
 - divers (8,3 % des victimes).

10.1.2 Régime agricole

- 34 accidents mortels ont été recensés dans la période 1977-1987, et la situation aurait tendance à se dégrader.
- Les secteurs les plus touchés sont les CTN n° 1 et 3
- Les accidents se répartissent en 5 grandes catégories :
 - déplacement de matériel d'arrosage (26 % des accidents),
 - déchargement de produits transportés par un véhicule (26 % des accidents),
 - utilisation d'outillage métallique à main (21 % des accidents),
 - autres évolutions de véhicules (9 % des accidents),
 - autres circonstances (18 % des accidents).

10.2. Facteurs d'accidents

Les principaux facteurs d'accidents rencontrés sont les suivants :

- . Demande de mise hors tension de la ligne non effectuée auprès du distributeur public.
- . Travail à proximité de la ligne électrique aérienne sous-tension, quels que soient les différents appareils ou matériaux utilisés.
- . Non identification de la ligne électrique aérienne par les victimes (ou les témoins).
- . Absence de signalisation ou d'obstacles à proximité de la ligne électrique aérienne.
- . Absence de personne compétente chargée de s'assurer que les distances d'approche réglementaires sont bien respectées.

Ces éléments ont en fait été déjà décrits au titre 12 du décret du 8 janvier 1965, avec les mesures de prévention correspondantes ; or il se trouve que ces mesures n'ont pas été prises lors des accidents, dont, par ailleurs, le poids relatif en tant que cause de décès d'origine électrique augmente au cours des années (voir § 2.2.2.). On est donc conduit à s'interroger sur les raisons pour lesquelles ces moyens de prévention n'ont pas été mis en place, ce qui semble remettre en question la validité et l'efficacité du titre 12 du décret du 8 janvier 1965.

10.3 Actions de prévention

Les principales actions de prévention à prévoir qui se sont dégagées de cette étude sont les suivantes :

10.3.1 Actions de prévention spécifiques aux zones industrielles

La modification de la réglementation existante paraît être le moyen le plus efficace :

- arrêté technique du 26 mai 1978
La proposition suivante pourrait être examinée lors de la rédaction du nouveau texte :
 - a) Dans les zones neuves à activités industrielles ou commerciales, la distribution publique d'énergie électrique devra être réalisée soit en conducteurs souterrains, soit en conducteurs aériens isolés ; pour les zones anciennes, un délai de mise en conformité sera prévu.
 - b) La signalisation des lignes aériennes devra être réalisée pour les sites à risques (traversées des voies, proximité de bâtiments industriels, etc...), soit par balisage au sol, soit par la mise en place de boules sur les conducteurs aériens, soit par tout autre moyen équivalent.

- Règlement de P.O.S.
Pour les zones industrielles dans lesquelles la mise en souterrain des lignes électriques ne serait pas possible, un règlement particulier pourrait être mis en place pour les entreprises suivantes à risques spécifiques :
 - Vente, exposition, stockage de matériels ou matériaux de travaux publics.
 - Entreprises de ferrailage (véhicules hors d'usage,...).
 - Stockage et gerbage de produits divers (planches, fûts, caisses, produits chimiques, containers,...).
 - Entreprises possédant une aire de stationnement pour camions, ou un quai de déchargement pour camions ou wagons.
 - Entreprises de construction de bateaux.
 - Silos de stockage.

L'emplacement de l'entreprise pourrait être réservé par l'intermédiaire du P.O.S., dans un "espace libre", exempt de lignes électriques aériennes, dont le volume serait déterminé en fonction de l'activité de l'entreprise. Pour certaines de ces dernières, possédant des engins de grande hauteur appelés à circuler fréquemment (entreprises de levage par exemple), le règlement du P.O.S. pourrait prévoir leur interdiction d'installation dans la zone industrielle.

10.3.2 Autres actions de prévention

- . Etude de :
 - dispositifs détecteurs de lignes électriques aériennes.
 - dispositifs de télécommande d'engins.
 - dispositifs limiteurs de portée.
 - dispositifs détecteurs d'objets en mouvement à proximité des lignes électriques aériennes.
 - plate-formes isolantes pour la commande des grues mobiles sur camion.
- . Création d'un numéro de téléphone unique (n° "vert" par exemple) affecté au distributeur public et réservé aux demandes de renseignements lors de travaux à proximité de lignes électriques.
- . Meilleur respect de la réglementation existante :
 - décret du 8 janvier 1965 :
un effort d'information et de formation doit être fait auprès des chefs d'établissements et de leur personnel.
 - arrêté du 26 mai 1978 :
les modifications de l'environnement autour du réseau de distribution (surélévation de terrains sous les lignes aériennes, construction de bâtiments à proximité etc...) doivent être signalées au plus tôt au distributeur ou aux services chargés du contrôle de l'énergie électrique.
- . Modification de la réglementation existante :
 - décret du 8 janvier 1965
Pour inciter davantage les chefs d'établissements à faire la demande de mise hors tension de la ligne, il serait intéressant d'étudier la possibilité qu'un décret signé conjointement par le Ministère du Travail et le Ministère de l'Industrie définisse plus précisément les obligations du chef d'établissement et de l'exploitant ; en particulier la proposition suivante pourrait être examinée :

- dans le cas d'impossibilité de mise hors tension de la ligne aérienne lors de travaux réalisés à proximité, l'exploitant doit isoler les conducteurs ou mettre en place sur le chantier les obstacles et la signalisation appropriés, et dans le cas contraire doit désigner une personne compétente pour s'assurer que les distances d'approche sont bien respectées.(1)
- Code de l'urbanisme :
Actuellement la présence de lignes électriques aériennes à proximité de bâtiments en construction n'est pas systématiquement prise en compte lors de l'examen des demandes de permis de construire par les autorités administratives chargées de leur délivrance. Un texte spécifique traitant de ce sujet pourrait être étudié par le Ministère concerné.

10.3.3 Actions de prévention en cours

Un groupe de travail comprenant la plupart des Caisses régionales d'assurance maladie - l'O.P.P.B.T.P. et l'INRS, s'est réuni le 27 avril 1988 pour examiner le problème et étudier en commun les différentes actions de prévention engagées dans chaque région.

Un deuxième groupe de travail plus élargi comprenant également la plupart des Caisses régionales d'assurance maladie, l'O.P.P.B.T.P. et l'INRS, mais aussi les représentants du Ministère du travail, du Ministère de l'équipement, du Ministère de l'industrie, du service prévention et sécurité d'E.D.F., de la Société centrale pour l'équipement du territoire, s'est réuni le 30 mars 1989. Au cours de cette journée, une majorité de participants a proposé aux ministères concernés les actions suivantes et des groupes de travail devraient prochainement pouvoir être constitués pour aboutir aux modifications escomptées :

- Ministère de l'industrie : modification de l'arrêté "technique" du 26 mai 1978 pour rendre obligatoire la mise en souterrain des lignes dans les zones industrielles neuves.
- Ministère de l'équipement : envoi d'une circulaire aux Directions Départementales, pour rappeler la nécessité de prendre en compte la présence des lignes électriques lors des travaux de construction.
- Ministère du travail : modification du décret du 8 janvier 1965 titre XII (travaux à proximité des lignes électriques aériennes), en vue de définir la compétence technique du personnel chargé de la mise en place des obstacles.

(1) Voir position E.D.F. sur le sujet à l'annexe n° 6

11 - LISTE DES ANNEXES

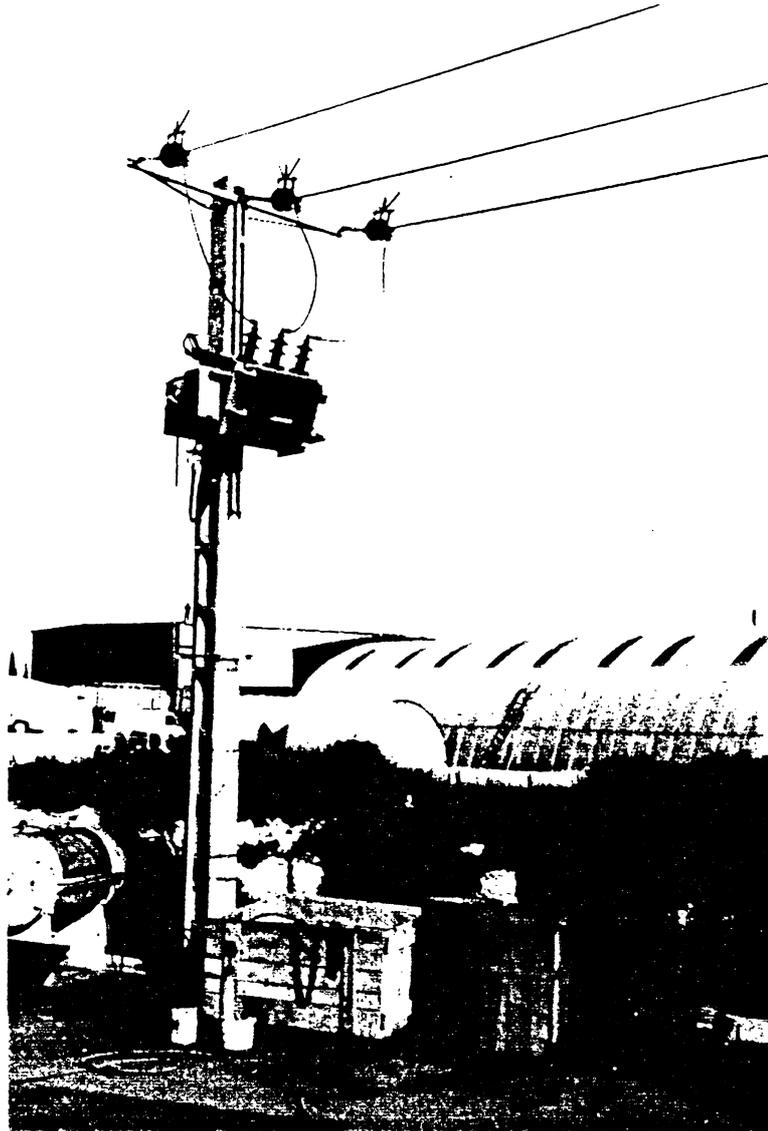
ANNEXE 1



1



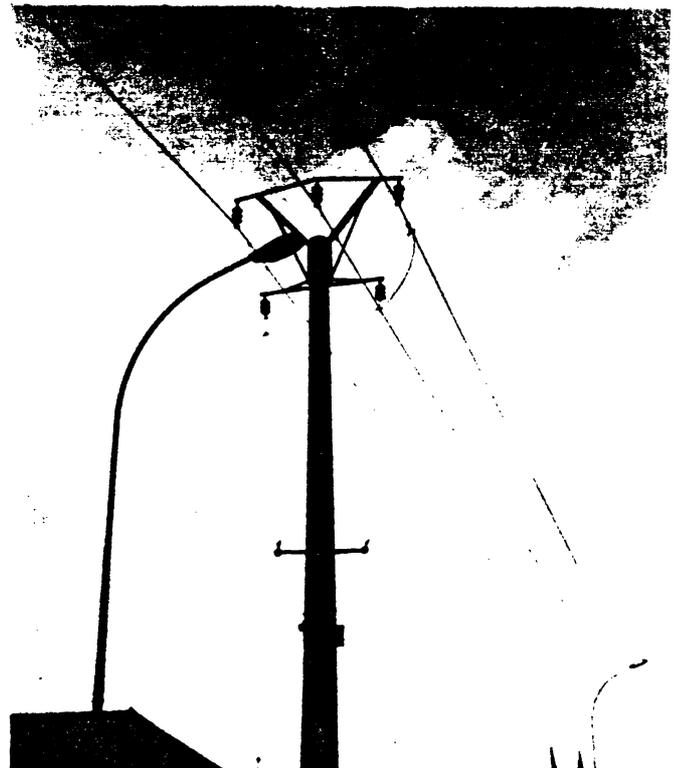
2



4



5



Légendes des photographies

Zone industrielle de Vitrolles (Bouches-du-Rhône)

Photographies n°

- 1 Les supports des conducteurs électriques aériens se succèdent à quelques mètres les uns des autres.
- 2 Les bâtiments sont construits près des lignes aériennes, à la limite de la distance réglementaire.
- 3 Les candélabres sont eux aussi implantés à la limite de la distance réglementaire avec les conducteurs
- 4 La distance au sol des conducteurs aériens a été réduite par suite d'un remblaiement du terrain.
- 5 Dans cet établissement, comme dans beaucoup d'autres, l'accès à une partie de la zone de stationnement située sous la ligne aérienne a été interdite par une chaîne

INRS
P/ETA/EG/JCB
le 20 février 1988

Accidents mortels du travail par électrocution :

Données d'évolution 1976-1985

J.C. BASTIDE

La note documentaire ND 1421-111-1983 établissait, dans la comparaison des deux périodes triennales 1959-1961 et 1978-1980, un bilan des évolutions observées des risques d'accidents mortels du travail par électrocution (ATME) et toutes causes confondues (ATM) au sein du régime général. Après un constat de la baisse importante du nombre des décès intervenus par électrocution au cours de la période, il était alors conclu sur la nécessité de maintenir l'effort de prévention face à ce risque notamment dans les industries du Bâtiment et des Travaux Publics principalement touchées.

Qu'en est-il aujourd'hui, et que dire des évolutions les plus récentes observées de ce risque ?

C'est à cette question que nous nous proposons maintenant de répondre par un examen des statistiques des dix dernières années connues.

Entre les périodes 1976-1978 et 1983-1985, le nombre des accidents mortels toutes causes confondues (ATM) connaît dans le régime général une baisse de 32,9 %. Le nombre des accidents mortels par électrocution (ATME) est réduit pour sa part de 167 à 111 entre ces deux mêmes périodes ; soit une baisse de 33,5 % comparable à la précédente.

Les industries du Bâtiment et des Travaux publics regroupant 9,2 % des salariés du régime général en 1985 demeurent les plus exposées.

En effet pour la seule période 1983-1985, ces industries ont dénombré 30,2 % des ATM et 52,3 % des ATME recensés au régime général.

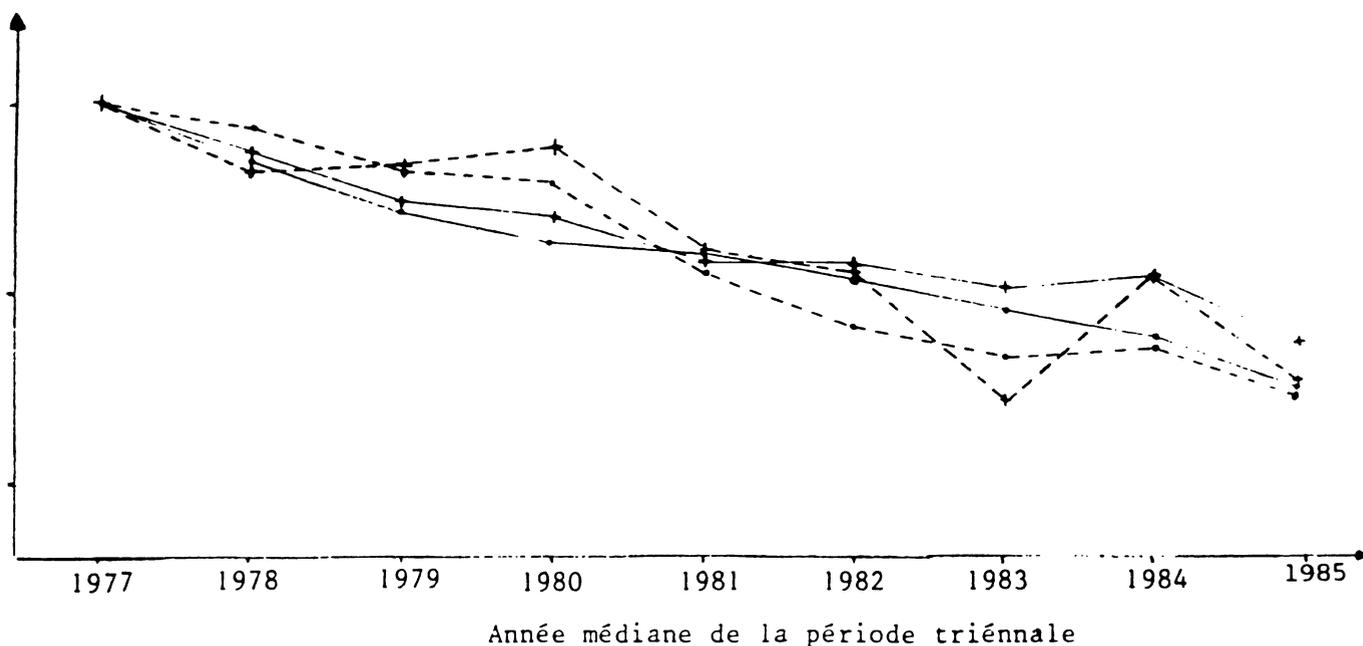
Dans ce CTN, entre les périodes 1976-1978 et 1983-1985, le nombre des accidents mortels par électrocution et celui des accidents mortels toutes causes confondues a reculé de 42 %.

Bien que cette baisse apparaisse pour ces industries plus forte que celle obtenue pour le régime général, l'amélioration de la situation observée sur la décennie 1976-1985 y apparaît moindre comme le montre le graphique ci-après. Ce phénomène est principalement dû au fait que la baisse du nombre des mortels dans les industries du BTP est obtenue dans un contexte de décrue importante des effectifs tout au long de la période 1976-1985.

Graphique d'évolution du taux des accidents mortels du travail

indice 100 : période triennale 1976-1978

- Régime général
- + Bâtiment travaux publics
- _____ ensemble des AT mortels
- AT mortels par électrocution



Il en résulte que la courbe d'évolution du taux des accidents mortels présentée en indice sur ce graphique demeure pour le BTP toujours au-dessus de celle du régime général marquant ainsi une moindre baisse de ce taux par rapport à la période de référence 1976-1978.

Dans le cas des accidents mortels par électrocution un constat similaire peut être effectué à partir de "78-80" exception faite toutefois de la période "82-84" où se produit un décrochage de la courbe du BTP liés aux bons résultats de l'année 1984.

La baisse du taux des accidents mortels par électrocution apparaît s'effectuer à un rythme plus rapide que celle des accidents mortels dans le BTP et dans le régime général à partir de la période "79-81" jusqu'à la période "82-84" ainsi que l'indique la pente plus soutenue de ces courbes.

La période "1983-1985" apparaît marquer la fin de l'évolution favorable précédemment remarquée pour le risque d'accidents mortels d'origine électrique.

Au terme des années 76-85 la baisse du taux des ATME se situe au même niveau que celle des ATM tant dans le régime général que dans les industries du BTP. Il n'apparaît donc pas, au terme de la période, d'évolution différenciée entre les accidents mortels par électrocution et ceux toutes causes confondues. Dans ce contexte la progression enregistrée du taux des ATME pour la période "1983-1985" relativement à la période "1982-1984" tant dans le régime général que dans le BTP peut être considérée comme un fait alarmant préluant une possible dégradation du risque d'accidents mortels par électrocution.

L'attention des préventeurs ne peut manquer d'être attirée sur ce problème notamment dans les industries du Bâtiments et des Travaux publics qui connaissent pour la première fois au terme de cette période une progression du taux des accidents mortels ; celui-ci passant de 79,7 en "82-84" à 81,6 en "83-85".

2 - Tendances des ATME selon les éléments matériels détaillés

Le tableau ci-après indique pour les périodes "78-80" et "83-85" le nombre des accidents mortels intervenus pour chacun des postes de la classification détaillée de l'élément matériel 39 (électricité) dans le régime général et le BTP.

Accidents mortels d'origine électrique selon la classification
détaillée de l'élément matériel 39

Elément matériel 39 Electricité	Période "78-80"		Période "83-85"	
	Régime général	BTP	Régime général	BTP
39.01 Non précisé	24	17	9	6
39.02 Non classé ci-dessous (transformateurs mobiles BT, flashes HT, enseignes lumineuses)	47	17	28	12
39.03 Installations fixes BT (y compris machines)	20	10	17	9
39.04 Ponts roulants, grues et palans, sauterelles)	3	3	4	3
39.05 Machines-outils portatives ou mobiles - Appareils d'anesthésie électrique	5	1	3	2
39.06 Appareils de soudure électrique	2	--	4	1
39.07 Lampes portatives	3	3	1	1
39.08 Plates-formes d'essai	1	--	--	--
39.09 Transformation côté BT	--	--	2	--
39.10 Transformation côté HT	2	--	2	--
39.11 Lignes aériennes BT	11	8	1	1
39.12 Lignes aériennes HT	34	27	39	22
39.13 Canalisations enterrées	--	--	1	1
39.14 Matériel à HF	2	1	--	--
TOTAUX	154	87	111	58

Entre les périodes "78-80" et "83-85" une baisse notable du nombre des décès par électrocution intervient pour les éléments matériels :

3901 : Non précisé

3902 : Non classé

3911 : Lignes aériennes basse tension

Pour l'élément matériel 3902 la baisse est notable dans l'ensemble du régime général mais apparaît moindre dans les industries du BTP. Cet élément intervient en "83-85" comme la deuxième cause de décès par électrocution.

Entre ces deux périodes les électrocutions par contact avec des lignes aériennes haute tension ont connu une progression au sein du régime général et une baisse dans les BTP. Cet élément matériel constitue pour la période "83-85" la principale cause de décès par électrocution tant dans le régime général que dans le BTP.

L'élément matériel 3903 : installations fixes BT constitue la troisième cause de décès par électrocution et apparaît n'avoir connu qu'une évolution très modeste entre "78-80" et "83-85" tant dans le régime général que le BTP.

CAISSE REGIONALE D'ASSURANCE MALADIE du LANGUEDOC-ROUSSILLON

<p style="text-align: center;">DETECTEUR DE PROXIMITE DE LIGNE ELECTRIQUE</p>

PERFORMANCES REQUISES

- GRANDE PROBABILITE DE DETECTION
ou FAIBLE PROBABILITE DE MANQUE $P_M < 10^{-5}$
- FAIBLE PROBABILITE DE FAUSSE ALARME $P_F < 5 \cdot 10^{-3}$
- INSTALLATION et REGLAGE FACILES et RAPIDES
- MAINTENANCE TRES REDUITE

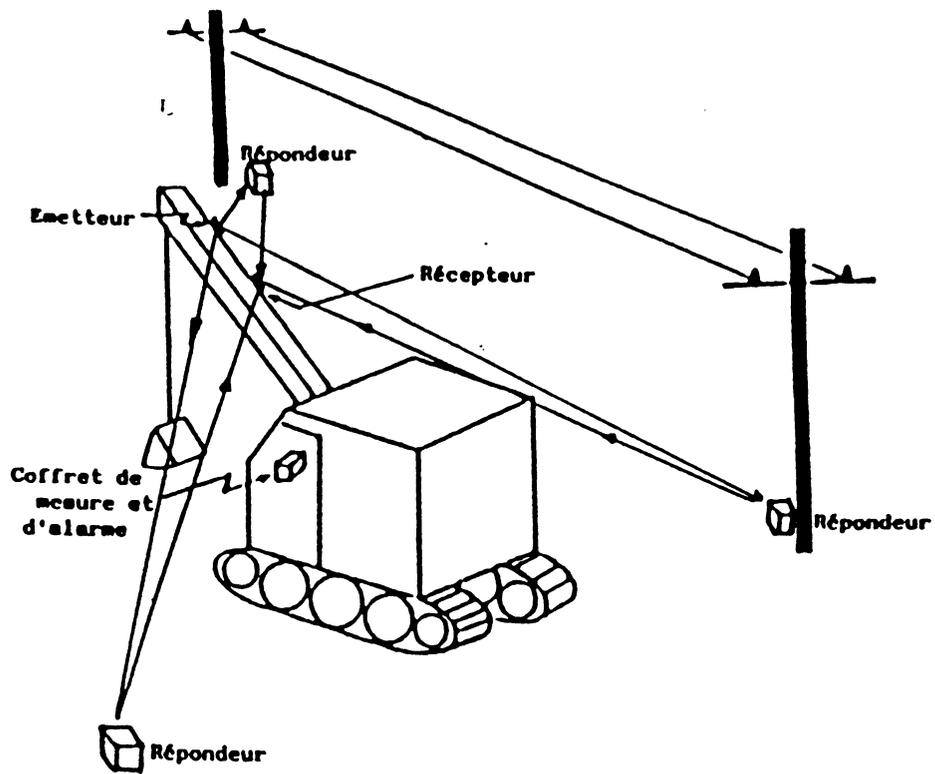
PRINCIPALES TECHNIQUES UTILISABLES

PRINCIPE	AVANTAGES	INCONVENIENTS
Champ Electromagnétique	<ul style="list-style-type: none"> - simple de conception - coût modéré (≈ 20 KF) 	sensibilité à la configuration de la ligne et à la présence de masses métalliques (champ électrique) rendant aléatoires les réglages.
Radio Localisation	<ul style="list-style-type: none"> - Positionnement précis de la tête de l'engin par rapport à la ligne. 	<ul style="list-style-type: none"> - nécessité d'implanter au moins 3 répondeurs sur le site. - Coût prohibitif 200 KF. - Réglage initial délicat
Interruption d'un faisceau (Laser)	<ul style="list-style-type: none"> - Conception assez simple - Réglages fixes 	<ul style="list-style-type: none"> - Installation et alignement délicats - Entretien des optiques
Mesure d'un signal réfléchi (Radio, Laser ou U.S.)	<ul style="list-style-type: none"> - simplicité d'installation - conception simple 	Réglages instables et aléatoires car dépendant des caractéristiques de la ligne
Mesure de distance	par procédés <ul style="list-style-type: none"> - Optiques - Acoustiques - Radars 	

**DETECTEUR DE PROXIMITE
DE LIGNE ELECTRIQUE**

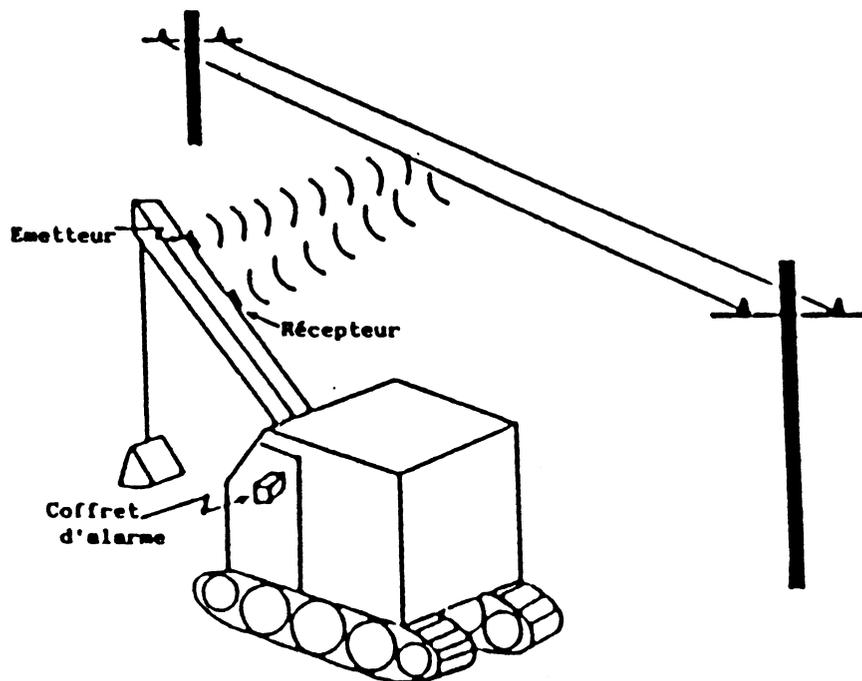
MESURE DE DISTANCE

PRINCIPE	AVANTAGES	INCONVENIENTS
<p><u>PROCEDES OPTIQUES</u> (LASER CO₂ LASER LED LASER RADAR)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Positionnement précis de la tête de l'engin par rapport à la ligne - Indépendant des conditions météorologiques 	<p>Dérivés de matériels militaires Ces dispositifs sont d'un coût prohibitif (100 à 200 KF)</p>
<p><u>PROCEDES ACOUSTIQUES</u> (Sonar)</p>	<p>Conception simple Coût modéré</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Manque de sensibilité pour détecter petites lignes - sensible aux conditions météo : humidité, vent, température. - Nécessaire propreté des éléments "sensibles".
<p><u>RADARS</u> RF et FM</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Technologie bien connue et performante - Grande précision de mesure 	<p>Coût élevé de 30 à 50 KF minimum (version mono)</p>
<p>Pulsé bande de base</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Technologie simple et éprouvée - Bonne précision de mesure - Détection entre 3 et 30₂m. même sur cible de 0,4 m² apparents - Coût modéré ≈ 20 KF 	<p>Matériel non commercialisé encore au stade du Laboratoire.</p>



PRINCIPE de RADIOLOCALISATION

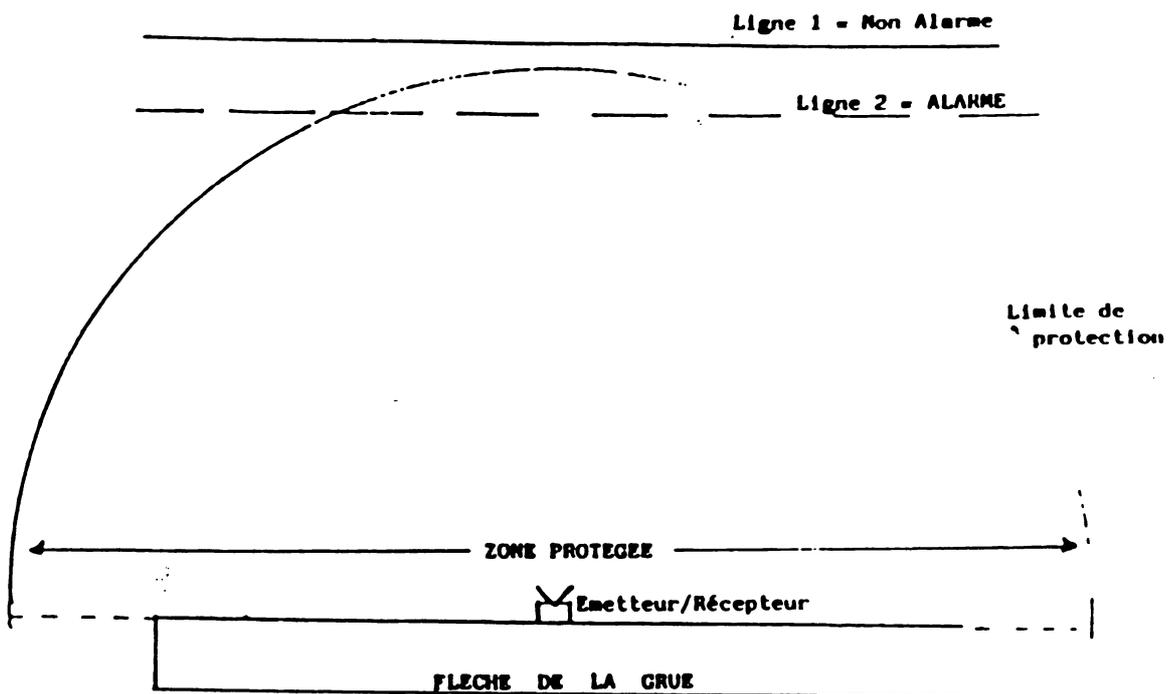
- 1 Emetteur Récepteur embarqué sur la flèche
- 3 répondeurs au sol



Mesure de distance par Radar Microonde
MODE MONOSTATIQUE

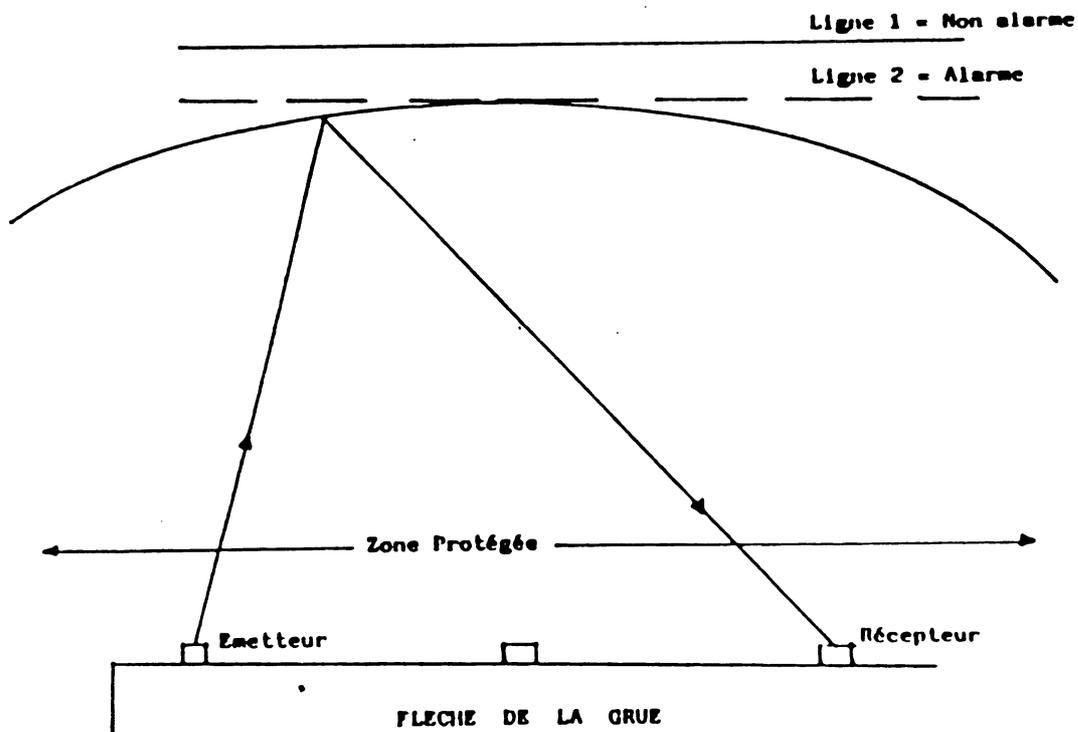
MESURE de DISTANCE

Mode Monostatique



La présence d'un obstacle dans la ZONE PROTEGEE
provoque une ALARME

Mode Bistatique



La présence d'un obstacle dans la zone protégée
provoque une Alarme

La zone protégée, de forme elliptique, est plus étendue
que dans le MODE MONOSTATIQUE.



LES ELECTROCUTIONS AU CONTACT

DE LIGNES ELECTRIQUES AERIENNES



ETUDE PRESENTE AU CTN 1988

NOVEMBRE 1988

L'étude suivante porte sur les décès de salariés agricoles par électrocution, à proximité d'une ligne électrique aérienne, survenus au cours des années 1977 à 1987.

L'expression "à proximité" veut dire ici que ces accidents se sont produits à l'occasion, soit d'un contact avec une ligne, soit d'un phénomène d'amorçage électrique, sans qu'il y ait réellement eu contact.

* L'importance du phénomène :

Au cours des 11 dernières années, pour lesquelles les accidents sont connus (1977 - 1987), la M.S.A. a enregistré au total 34 décès de salariés agricoles, soit environ 3 par an.

Ce nombre peut paraître minime, si on le compare à la centaine d'accidents du travail proprement dits de chaque année.

Il n'en est pas de même lorsque l'on compare ces nombres avec ceux publiés par E.D.F. :

- selon cet organisme, le nombre moyen de personnes décédées au cours des 4 dernières années connues (1984 - 1987) est de 36 (si l'on exclut les salariés d'E.D.F. ainsi que des entreprises connexes) ;
- durant la même période, le nombre moyen de salariés électrocutés chaque année a été de 4.

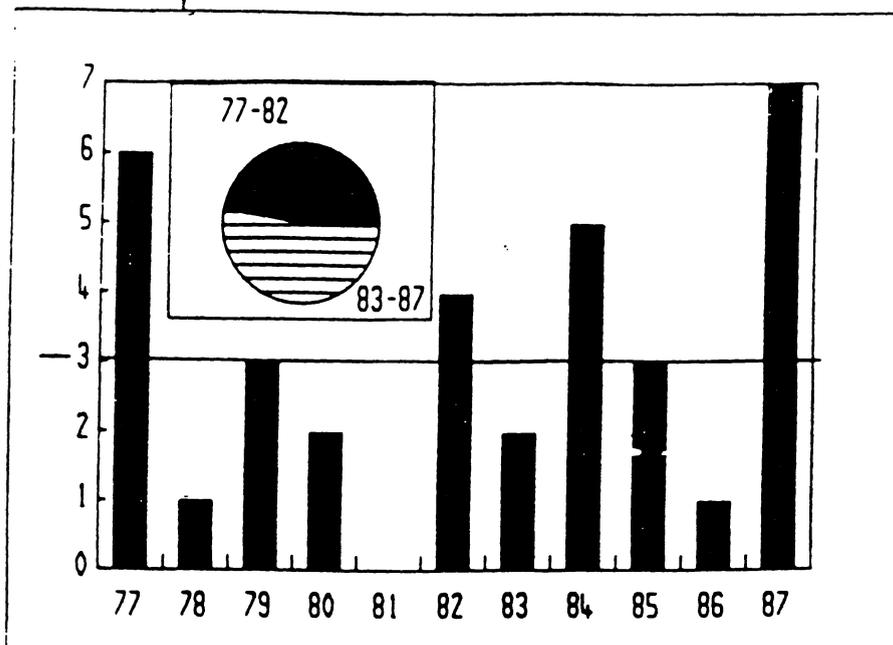
Aussi, peut on estimer objectivement que les salariés agricoles représentent plus de 10 % des décès.

Ce risque d'accident n'est donc pas négligeable.

* Evolution globale du nombre d'accidents :

La représentation graphique du nombre de décès (illustration n° 1) montre clairement :

- de grandes variations annuelles du phénomène, entre 0 et 7 ;
- l'évolution particulièrement défavorable au cours des dernières années.



Cette évolution est également visible sur le graphique circulaire de l'illustration n° 1 : il apparaît clairement en effet que le nombre d'accidents survenus durant la période 1977 - 1982 (6 ans) est inférieur au nombre correspondant pour la période 1983 - 1987 (5ans).

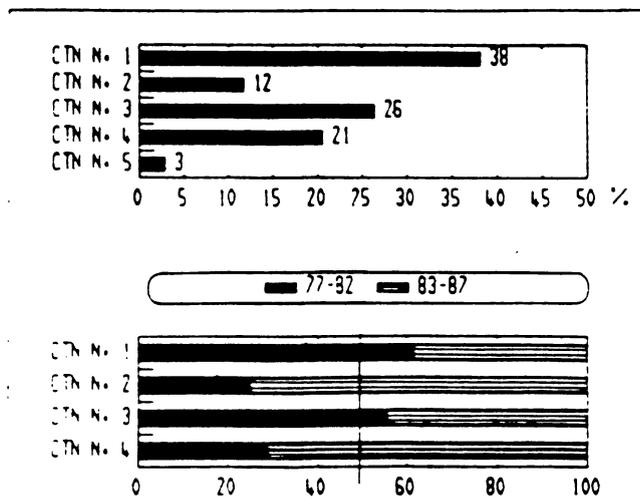
On doit donc admettre que la situation tend à se dégrader.

* Répartition des accidents par groupe d'activités professionnelles :

Les accidents ont été regroupés selon le Comité Technique National dont relève l'entreprise du salarié décédé (illustration n° 2).

- la répartition du total des décès des 11 premières années est représentée par le graphique supérieur.

Le secteur le plus touché est celui du C.T.N. n° 1 ; puis viennent dans l'ordre les C.T.N. n° 3, 4 et 2 ; pour le C.T.N. n° 5, on peut considérer que le phénomène est négligeable.



ID.PAT - n° 35 - 1989

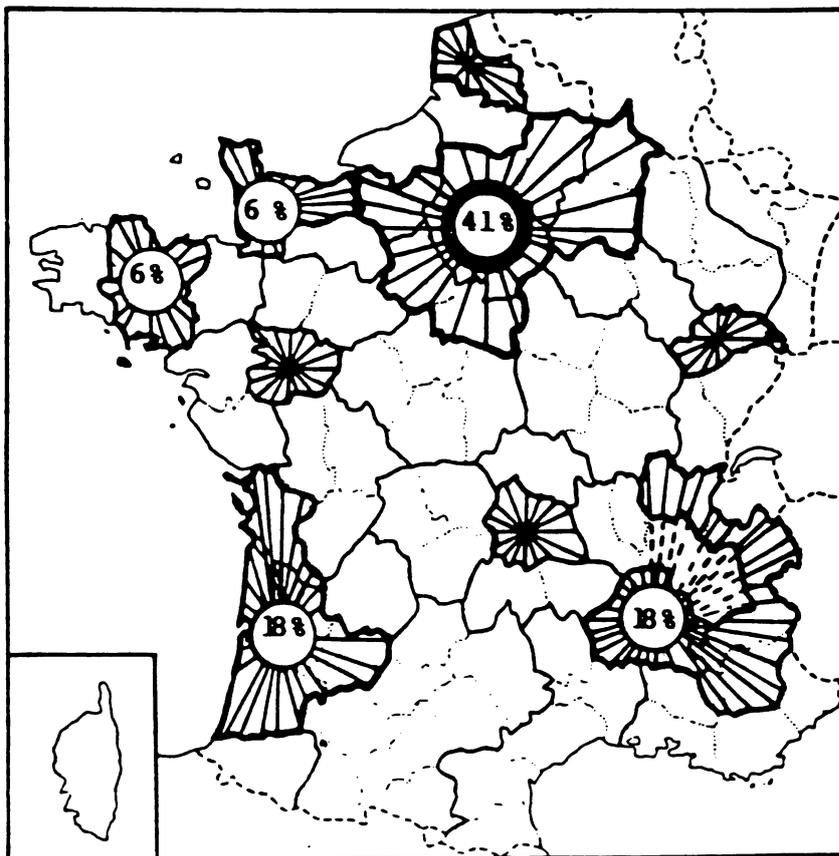
- l'évolution dans le temps du nombre d'accidents se présente
— d'une façon similaire pour 2 groupes de C.T.N., comme l'indique le graphique inférieur :

- pour les C.T.N. n° 1 et 3, la comparaison des périodes 1977 - 1982 et 1983 - 1987 indique une stabilisation voire une légère régression du phénomène ;
- pour les C.T.N. n° 2 et 4, on remarque au contraire un accroissement important du nombre d'accidents d'une période à l'autre.

L'accroissement des accidents dans la période récente concerne donc plus précisément les C.T.N. n° 2 et 4.

* Localisation graphique :

La répartition géographique des accidents montre une forte concentration des décès (+ de 40 %) dans une région que l'on pourrait dénommer "Ile-de-France et départements limitrophes".



Un pourcentage équivalent se répartit à peu près également entre "le Sud-Ouest côtier" (Aquitaine + Charente-Maritime) et le Sud-Est (Rhône-Alpes, Hautes-Alpes et Alpes de Haute-Provence).

La localisation géographique des électrocutions est donc relativement concentrée.

* Les circonstances :

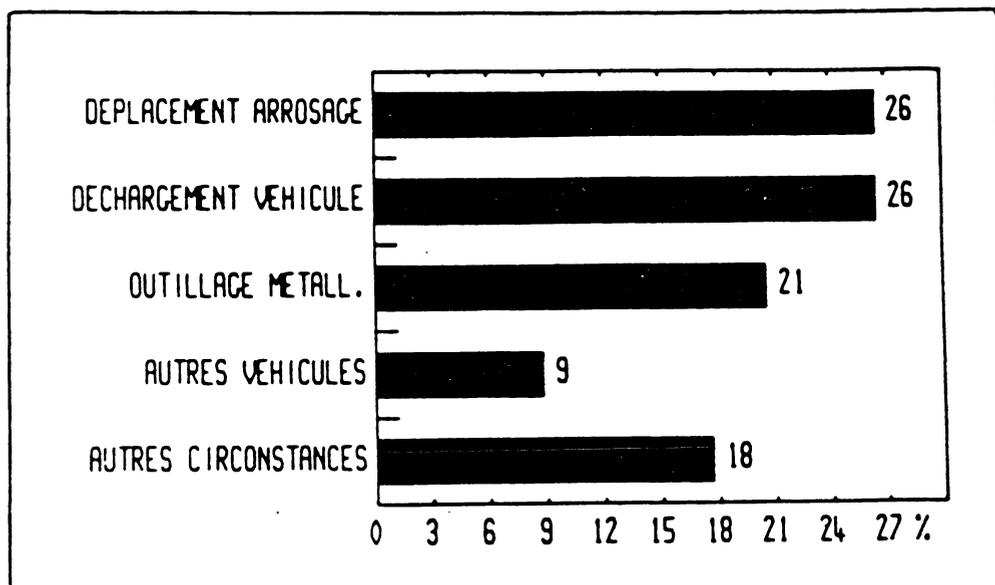
- au niveau macroscopique, les circonstances des accidents se répartissent à peu près également entre, d'une part, les manutentions manuelles d'objet conducteur de l'électricité et, d'autre part, l'utilisation de véhicules ou de machines.

La recherche de circonstances types plus précises permet d'en retenir principalement 3 :

- . le déplacement de matériel d'arrosage,
- . le déchargement de produits transportés par un véhicule,
- . l'utilisation d'outillage à mains métallique.

On peut également citer 2 autres regroupements de circonstances moins homogènes :

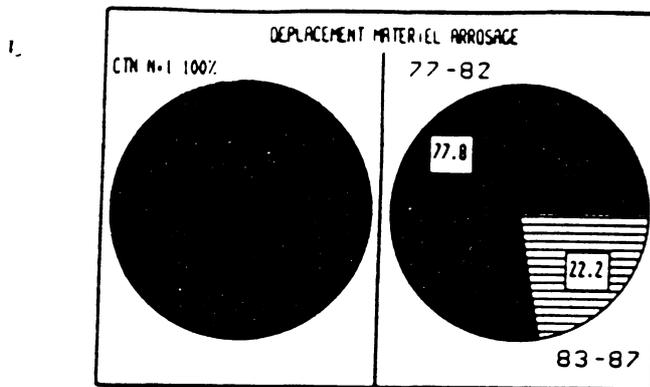
- . autres évolutions de véhicules (déplacements de pelleteuse hydraulique, de remorque chargées de paille, etc...),
- . autres circonstances (élagage d'arbres, mises en place de mâts ou de poteaux électriques, etc...).



- Déplacement de matériel d'arrosage

Cette circonstance d'accidents est la première dans l'ordre d'importance puisqu'elle regroupe 26 % des accidents survenus depuis 1977.

Tous ces accidents, sans exception, ont été enregistrés dans des entreprises relevant du C.T.N. n° 1.



Les matériels en cause sont principalement des tuyaux d'irrigation, dont la longueur peut aller jusqu'à 9 mètres ; on dénombre aussi quelques cas d'accidents avec des machines à arroser.

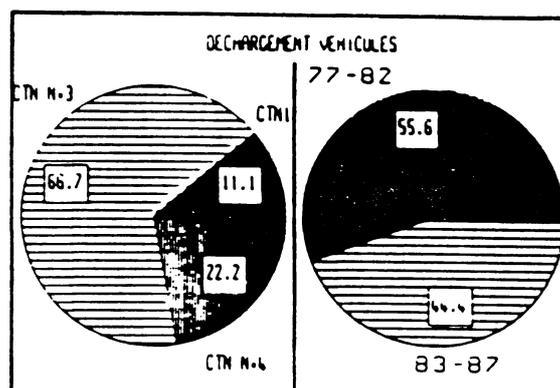
L'évolution de ce type d'accident indique une baisse assez sensible, plus des 3/4 des accidents étant survenus avant 1983.

- Déchargement de produits transportés par un véhicule

Les accidents survenus dans ces circonstances mettent plus précisément en cause le déchargement mécanique de produits transportés en vrac.

Globalement, ce type d'accident semble aussi répandu que les électrocutions à l'occasion du déplacement de matériel d'arrosage (26 % du total).

Les entreprises touchées relèvent principalement du C.T.N. n° 3, mais aussi des C.T.N. 1 et 4.



Pour ce qui concerne les coopératives, on peut même indiquer que l'activité professionnelle essentiellement concernée par ces accidents est celle des coopératives d'approvisionnement. Les circonstances types de ces accidents mettent en jeu les organes de vidange d'un camion d'approvi-

— sionnement en aliments du bétail, à proximité des silos d'une exploitation agricole. A noter également que de nombreux incidents survenus dans de telles circonstances ne se sont traduits que par des dégâts matériels.

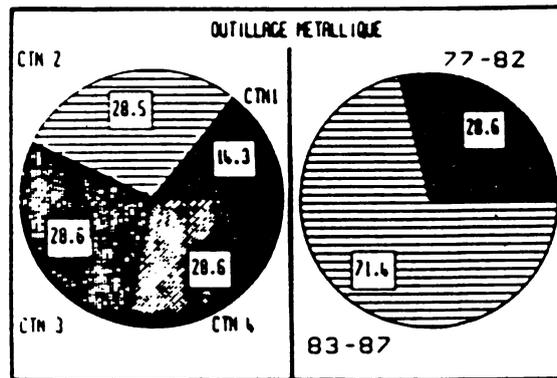
Pour ce qui concerne les secteurs d'activités 1 et 4, les accidents mettent en cause les matériels de grandes dimensions, tels que des bennes surélévatrices.

On peut considérer que l'évolution des accidents de ce type est stable.

- Utilisation d'outillage à mains métallique

Cette catégorie d'accidents regroupe un peu plus de 20 % du total des décès enregistrés depuis 1977.

Toutes les activités professionnelles sont concernées par ce risque.

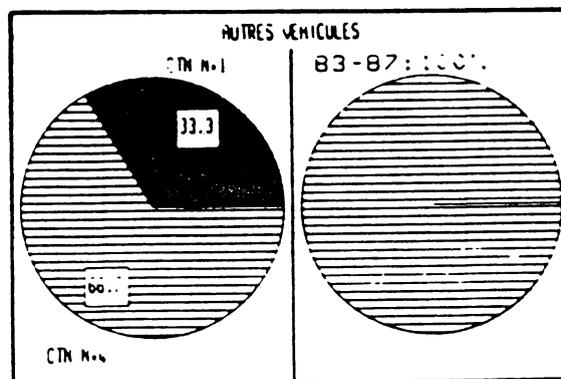


Les outillages en cause sont assez divers. On remarque toutefois la présence prépondérante d'outils d'élévation tels que les échelles métalliques et les échafaudages.

Il semblerait que ce type d'accidents soit en accroissement très sensible depuis 1983.

- Autres évolutions de véhicule

Les accidents de ce type restent encore peu nombreux : environ 9 % du total.



On notera toutefois qu'ils concernent exclusivement les C.T.N. n° 4 et 1 et qu'ils sont tous survenus après 1982.

* Les caractéristiques des lignes électriques :

Selon la nomenclature utilisée par E.D.F., les décès sont survenus presque exclusivement à proximité de lignes électriques moyenne tension et haute tension.

Dans presque tous les cas où la tension exacte du courant est connue, celle-ci se situe entre 15 000 et 30 000 Volts, avec toutefois une grande majorité de cas où il s'agit d'un courant de 20 000 Volts.

Lorsque la hauteur des lignes au niveau de l'impact réel ou présumé a pu être mesurée, celle-ci n'était pas inférieure à 5,40 mètres, mais pouvait être supérieure à 10 mètres.

On peut remarquer en particulier que de nombreux silos destinés à l'alimentation animale ont été installés trop près de lignes électriques à conducteurs non isolés.

A titre d'exemple, pour une ligne de 20 000 volts, les conducteurs nus ne peuvent être à moins de 6 mètres du sol et à moins de 3 mètres 20 de n'importe quel bâtiment.

ACCIDENTS MORTELS AU CONTACT D'UNE LIGNE ELECTRIQUE AERIENNE

TABLEAU 1 : REPARTITION DANS LE TEMPS ET CUMUL PAR SECTEUR PROFESSIONNEL

SECTEURS PROFESSIONNELS (APE)	ANNEES											TOTAUX ET %				(IN)
	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	11 ans (77/87)		5 ans (83/87)			nb. moyen tendance
Cultures spécialisées (110)	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	2		1		①
Culture et élevage non spécialisés (180)	-	-	1	-	-	2	1	-	-	1	2	7		4		
Autres codes APE et NP	3	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	4		-		
Total activités culture et élevage (1/2)	3	0	1	1	0	3	1	1	0	1	2	13	38 %	5	28 %	1,2/an (-)
Exploitations de bois (350)	-	-	1	-	-	-	-	2	-	-	1	4	12 %	3	17 %	② (+)
Entreprises de travaux agricoles (400)	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	1	4		4		④
Entrep. paysagistes (410)	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	2		1		
Code non précisé	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1		-		
Total travaux agricoles	-	1	1	-	-	-	1	1	2	-	1	7	21 %	5	28 %	0,6/an (++)
Coop. de céréales (600)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2		2		③
Coopératives d'approvisionnement (610)	-	-	-	1	-	1	-	-	1	-	1	4		2		
Autres coop. non précisées	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3		-		
Total coopératives	3	-	-	1	-	1	-	-	1	-	3	9	26 %	4	22 %	0,8/an (-)
S I C A F	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	3 %	1	6 %	⑤
ENSEMBLE	6	1	3	2	-	4	2	5	3	1	7	34	-	18	-	3,1/an (+)

ACCIDENTS MORTELS AU CONTACT D'UNE LIGNE ELECTRIQUE AERIENNE

TABLEAU 2 : CIRCONSTANCES - RECAPITULATIF 1977/1987 (11 ans)
REPARTITION par CTN

CIRCONSTANCES	ANNEE											TOTALS		REPARTITION PAR CTN				
	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	11 ans 77/87	5 ans 83/87	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5
DEPLACEMENT DE MATERIEL D'ARROSAGE	3	-	1	1	-	2	-	1	-	1	-	9	2	9	-	-	-	-
DECHARGEMENT D'UN VEHICULE : HEMINAL, VIDANGE, TRANSFERT (MECANIQUE)	2	1	-	1	-	1	-	-	2	-	2	9	4	1	-	6	2	-
UTILISATION D'OUTILLAGE "A MAIN" METALLIQUE	1	-	1	-	-	-	-	2	1	-	2	7	5	1	2	2	2	-
AUTRES EVOLUTIONS DU VEHICULE	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	1	3	3	1	-	-	2	-
AUTRES CIRCONSTANCES	-	-	1	-	-	1	-	2	-	-	2	6	4	1	2	1	1	1
TOTAL	6	1	3	2	-	4	2	5	3	1	7	34	18	13	4	9	7	1
MANUTENTION MANUELLE D'OUTILLAGE OU DE PIECES METALLIQUES	3	-	1	1	-	2	-	4	1	1	3	16	9	8	2	3	3	-
DEPLACEMENT OU UTILISATION MACHINE OU VEHICULE	3	1	1	1	-	2	2	-	2	-	3	15	7	5	-	6	4	-
AUTRES CAS	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	1	3	2	-	2	-	-	1

DÉCLARATION D'INTENTION DE COMMENCEMENT DE TRAVAUX

ATTENTION!

- Cette déclaration ne peut être utilisée qu'une fois obtenues les autorisations éventuellement nécessaires à l'exécution des travaux.
- Les travaux ne pourront être entrepris qu'après fourniture des indications mentionnées rubrique 2.4. ci-dessous et sollicitées auprès des services questionnés.

Destinataire

1.1. ENTREPRISE OU PARTICULIER	Raison sociale ou nom	
	Adresse (numéro, rue, lieu-dit, code postal, commune)	Téléphone
	Personne responsable de la conduite des travaux (indiquez nom, prénoms et adresse complète)	Téléphone
Si différent du déclarant 1.2. MAITRE D'ŒUVRE	Nom, prénoms et adresse (numéro, rue, lieu-dit, code postal, commune)	Téléphone
Si différent du déclarant 1.3. MAITRE D'OUVRAGE	Nom, prénoms et adresse (numéro, rue, lieu-dit, code postal, commune)	Téléphone
2.1. NATURE	Démolitions <input type="checkbox"/> Remblaiement <input type="checkbox"/> Abattage ou élagage d'arbres <input type="checkbox"/> Fouilles <input type="checkbox"/> Terrassement <input type="checkbox"/> Canalisations <input type="checkbox"/> Construction <input type="checkbox"/> Branchement <input type="checkbox"/>	
	Précisez exactement la nature des autres travaux <input type="checkbox"/>	
	Le cas échéant, numéro du permis de construire ou de démolir	Déjà délivré le :
2.2. DÉSIGNATION DU TERRAIN	Adresse ou localisation cadastrale des travaux	
2.3. RENSEIGNEMENTS DIVERS	Date prévue pour le commencement des travaux	Durée probable des travaux
	Utiliserez-vous des explosifs? OUI <input type="checkbox"/> NON <input type="checkbox"/>	
2.4. INDICATIONS SOLLICITÉES	Nous vous serions obligés de nous communiquer : <input type="checkbox"/> Particulier : L'implantation des ouvrages aériens ou souterrains éventuels ainsi que vos recommandations en vue du commencement des travaux. <input type="checkbox"/> Entrepreneur : Vos recommandations en vue du commencement des travaux ainsi que l'implantation des ouvrages dans la mesure où celle-ci aurait été modifiée depuis la demande formulée par le maître d'ouvrage ou par le maître d'œuvre (voir point 2, notice) ou en cas de carence de ces derniers.	
	Nom du signataire	
	Date	
		Signature

ANNEXE N° 6

Position E.D.F. relative à la proposition de modification de la réglementation relative à la réciprocité des engagements E.D.F.-entreprise lors de travaux à proximité de lignes électriques aériennes

Le représentant d'E.D.F. souligne qu'une telle modification poserait une question de principe dans la mesure où elle constituerait un bouleversement de l'esprit de la réglementation qui a pour but de responsabiliser le chef d'entreprise (ici dénommé chef d'établissement) par rapport à la sécurité de son personnel.

La mise hors d'atteinte n'est pas dissociable de l'ensemble des problèmes de sécurité que doit gérer le chef d'établissement.

Il convient de rappeler à cet égard que l'annexe IV de la publication UTE C 18-510, approuvée par arrêté interministériel du 17 janvier 1989, impose au chef d'établissement, dans l'hypothèse de travaux au voisinage d'installations électriques, l'établissement et la notification d'une consigne de sécurité et, hors BTA, la délimitation matérielle de la zone de travail et la surveillance des travaux par une personne compétente en matière de risques électriques.

On ne saurait enfin parler de "réciprocité d'engagements", donc de rapports contractuels, entre l'exploitant, qui est tiers par rapport aux travaux entrepris, et le chef d'établissement qui en prend l'initiative sans parfois informer le distributeur.

12 - BIBLIOGRAPHIE

Textes réglementaires

- Décret n° 65-48 du 8 janvier 1965 portant règlement d'administration publique pour l'exécution des dispositions du livre II du code du travail (titre II : Hygiène et sécurité des travailleurs) en ce qui concerne les mesures particulières de protection et de salubrité applicables aux établissements dont le personnel exécute des travaux du bâtiment, des travaux publics et tous autres travaux concernant les immeubles. (J.O. du 20 janvier 1965 ; rectificatif J.O. du 4 février 1965).
- Loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie.
- Arrêté du 26 mai 1978 (J.O. du 20 juin 1978) fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique.
- Circulaire n° 72/38 du 28 juin 1972 adressée, en outre, aux Préfets :
Travaux ou opérations effectuées à proximité de lignes électriques aériennes ou souterraines. Applications de la circulaire ministérielle n° 70/21 du 21 décembre 1970.
- Décret n° 88-1056 du 14 novembre 1988 relatif à la protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en oeuvre des courants électriques.

Publications UTE

- Publication UTE C 18-510 : recueil d'instructions générales de sécurité d'ordre électrique.

Recommandations

- Caisse Nationale d'Assurance Maladie - Comité technique national des industries de l'eau-gaz-électricité.
Recommandation R 268.
Lignes électriques - Travaux sur les lignes et réseaux aériens de 1er et 2ème catégorie - Travail et Sécurité - n° 2, février 1986, pp. 172-175.
- Caisse régionale d'assurance maladie de Nantes (29 avril 1982) : recommandations concernant la prévention du risque d'électrocution dû au contact avec des conducteurs aériens nus normalement sous tension dans les établissements industriels et commerciaux.

Articles documentaires

Rédigés en langue française

ROUHIER F.

La prévention des accidents dus au contact des flèches de grues avec les lignes électriques.
Cahiers des comités de prévention du bâtiment et des travaux publics, mai-juin 1961, n° 3, pp. 110-113, ill.

GRUBER H.

Avertisseur de tension pour engins de chantier.
Cahiers de notes documentaires - sécurité et hygiène du travail, Paris, 3ème trimestre 1969, n° 56 (note n° 652-56-69), pp. 291-294, ill.

GAVRILENKO

Les détecteurs de tension.
Cahiers de notes documentaires - sécurité et hygiène du travail, Paris, janvier 1964, n° 34 (note n° 361-34-64) 4 p., ill.

Un danger permanent pour les grues : les lignes aériennes.
Sécurité informations, septembre-octobre 1969, n° 5, pp. 49-50, ill.

Dispositif avertisseur d'approche des lignes électriques aériennes.
Travail et sécurité, janvier 1968, p. 13.

Caisse nationale suisse d'assurance - grues, machines de chantier et lignes électriques aériennes,
Cahiers Suisses de la sécurité du travail - n° 98-99, mai-juillet 1970, 15 p.

Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens.
Toit protecteur en résine synthétique avec fibre de verre comme protection contre les contacts fortuits lors de travaux d'entretien sous tension de pylônes en béton de lignes à 60 kV.
Zürich, décembre 1972, vol. 63, n° 25, pp. 1515-1521.

O.P.P.B.T.P. - Travaux à proximité de lignes électriques aériennes et des câbles souterrains -
1984, 32 p.

CARIOU F.

O.P.P.B.T.P. - Un dispositif toujours réinventé : le détecteur de lignes électriques. Cahiers des comités de prévention du bâtiment et des travaux publics 1988, n° , pp. 6-9.

CARIOU F.

O.P.P.B.T.P. - Les accidents dus aux travaux à proximité des lignes électriques aériennes.
Cahier des comités de prévention du bâtiment et des travaux publics, 1986, n° 1, pp. 33-35.

BERNARD G.

E.D.F. - Enterrer plus de lignes électriques : mythe ou réalité ? Epure, 1989, n° 22, pp. 3-15

Rédigés en langue étrangère

Prévention des accidents de grue - Dispositifs d'alarme signalant la proximité d'une ligne aérienne.
(Crane safety) - Londres, décembre 1970, p. 17, ill.

Health and Safety Executive (Londres)
Prévention des risques liés aux lignes électriques aériennes - avril 1977, 7 p.

ROBERT A.

National Institute for Occupational Safety and Health (USA).
Notice d'alerte pour la prévention des électrocutions causées par le contact entre grues et lignes électriques aériennes - 1985, 6 p.

National Safety Council (USA).
Notice d'information sur les outils pour lignes électriques sous tension (USA) - 1986, 4 p.

OURDOVIC A.

Détecteur électroacoustique de tension pour la protection individuelle des travailleurs.
Bez-pecna praca, Bratislava, Tchécoslovaquie, février 1970, vol. 1, n° 1, pp. 8-13, ill.

STEUCEK D.

Dispositif de signalisation d'un courant haute tension pour grues automotrices.
Bezpecnost a hygiena prace, Prague, octobre 1968, vol. 17, n° 10, pp. 300-306, et novembre 1968, n° 11, pp. 332-336.

Notes techniques

INRS - Service "Electronique -Sécurité des systèmes". Journée technique "Prévention des contacts directs d'engins avec des lignes électriques". Notes scientifiques et techniques de l'INRS, n° 73, octobre 1989, 121 p.

E.D.F. : Alimentation en énergie électrique des zones industrielles, 1er janvier 1971.

GC 3430-GTE 2411 : Alimentation en électricité des zones d'aménagement, 16 juillet 1980.

GTE R 525 : Protection électrique des réseaux.

Jurisprudence

Arrêt de la Cours de Cassation (chambre sociale). Faute inexcusable - 27 janvier 1988, Arrêt n° 425.

Arrêt de la Cours de Cassation (chambre sociale). Faute inexcusable - 13 janvier 1988, Arrêt n° 172

Arrêt de la Cours de Cassation (chambre sociale). Faute inexcusable - 19 juin 1985, Arrêt n° 2579.

Arrêt de la Cours de Cassation (chambre sociale). Faute inexcusable - 6 mars 1985, Arrêt n° 995.

Arrêt de la Cours de Cassation (chambre sociale). Faute inexcusable - 1er février 1984, Arrêt n° 438.

Arrêt de la Cours de Cassation (chambre sociale). Faute inexcusable - 18 novembre 1976, Arrêt n° 1462.

Arrêt de la Cours de Cassation (chambre sociale). Faute inexcusable - 3 octobre 1969, Arrêt n° 1090.

Compte rendu de réunions

- Comité technique régional du bâtiment et des travaux publics. C.R.A.M. Nord Picardie, 10 octobre 1984.
- Comité technique régional du bâtiment et des travaux publics. C.R.A.M., 25 juin 1986.
- Comité technique national du bâtiment et des travaux publics. 1er septembre 1988.
- Comité technique régional du bâtiment et des travaux publics. C.R.A.M. Bretagne, 30 mars 1989.