

MÉMOIRES

LES ACCIDENTS

CAUSÉS PAR

L'ÉLECTRICITÉ

DANS LES

mines, minières, carrières et usines métallurgiques

(pendant les années 1913 à 1915)

PAR

JOSEPH LIBERT

Inspecteur général des Mines, à Liège
Ingénieur électricien (A. I. I.g. et A. I. M.)

Introduction.

Nous avons publié, en 1914 (1), une première notice concernant les accidents constatés par l'Administration des Mines, dans les établissements dont elle a la surveillance et survenus depuis l'origine des applications de l'électricité jusque y compris l'année 1912.

Les dossiers d'accidents étudiés étaient au nombre de 32; parmi ces accidents, 31 avaient été mortels.

Pendant les quatre années suivantes (1913-1916), malgré le ralentissement de certaines branches de l'industrie

(1) *Annales des Mines de Belgique*, tome XIX, 2^e livraison.

minérale et métallurgique, les accidents par électrocution ont été au nombre de 18, ayant causé la mort d'un nombre égal de personnes.

Si nous répartissons ce nombre par année, nous trouvons les résultats ci-après :

Année 1913.	8
» 1914.	5
» 1915.	2
» 1916.	3
Total.	18

En les classant par nature d'établissement, on obtient les chiffres suivants :

Charbonnages	{ travaux souterrains.	3
Carrières souterraines et à ciel ouvert	»	
Usines métallurgiques	6	
Total.	18	

Comme dans notre première notice, nous commencerons par l'étude des dossiers d'accidents, rangés par ordre chronologique, puis nous tirerons des conclusions quant aux mesures à prendre en vue d'améliorer la sécurité provenant de l'emploi de plus en plus généralisé d'appareils dangereux.

Analyse des dossiers d'accidents.

N° 1. — 21 janvier 1913. — Fours à coke de la Société civile des usines et mines de houille du Grand Hornu, à Hornu (Borinage). — Un ouvrier tué.

Le certificat médical signale des brûlures profondes de la main gauche siégeant à la face dorso-latérale externe du pouce et de l'index. Selon l'auteur du certificat, ces lésions paraissent avoir été produites par un contact obtenu dans un mouvement d'élévation de la main.

Résumé des circonstances de l'accident.

L'accident s'est produit à l'intérieur d'un bâtiment métallique renfermant un convoyeur à coke. La victime se disposait à manœuvrer un interrupteur à bain d'huile faisant partie d'une installation triphasée sous la tension de 1,050 volts et 23 1/2 périodes par seconde, avec point neutre isolé, lorsqu'elle a fait une chute dans des conditions qui n'ont pas été élucidées par l'enquête.

A la suite de cette chute, la victime a touché de la main gauche une des trois bornes avec écrous en bronze, situées dans la boîte de l'interrupteur et qui sont connectées avec les trois conducteurs des câbles d'alimentation. Ces bornes de prise de courant se trouvaient à 0^m46 au-dessus du plancher en tôle striée du local du convoyeur ; elles n'étaient protégées contre les contacts accidentels que par une tôle fixée à la boîte de l'interrupteur et descendant jusque 0^m32 du même plancher ; il fallait donc relever la main de 0^m14 derrière cette tôle pour toucher les bornes susdites.

La présence de particules de chairs brûlées a été constatée sur les bornes.

REMARQUE. — Le Comité d'arrondissement a émis l'avis qu'il conviendrait de masquer plus complètement les bornes de l'interrupteur, de façon qu'il soit impossible d'y avoir accès sans démonter l'enveloppe.

N° 2. — 14 juin 1913. — Charbonnage du Poirier. Siège St-André (surface), à Montigny-sur-Sambre (Charleroi). — Un électricien tué.

D'après le certificat médical, « l'accident a entraîné la mort par le courant électrique et a produit des brûlures multiples ».

Résumé des circonstances de l'accident.

L'installation qui a causé l'accident comprend une pompe alimentaire actionnée par un moteur triphasé fonctionnant sous la tension de 250 volts, 25 périodes, auquel le courant est fourni par un transformateur statique de 30 K.V.A. recevant par câble armé, d'une sous-station assez éloignée, l'énergie électrique sous la tension de 3,000 volts ; le point neutre de la distribution est isolé.

Ce transformateur, logé dans une boîte métallique, était très voisin d'une borne-tableau, également métallique, contenant notamment un sectionneur tripolaire et un interrupteur à maximum placés sur le circuit à haute tension. Un dispositif d'enclenchement empêchait l'ouverture du couvercle de la borne pendant le passage du courant et ne permettait plus la manœuvre du sectionneur et de l'interrupteur après l'enlèvement de ce couvercle.

La borne-tableau était ouverte ; un électricien était monté sur le transformateur et venait de remplacer une tige en micanite faisant partie de l'interrupteur. Ayant repoussé de la main gauche le corbeau d'enclenchement du couvercle, cet électricien a fait refermer par son aide le sectionneur et l'interrupteur ; quelques instants après, ayant touché de la main gauche une des pièces métalliques, il a été électrocuté.

La position du corbeau d'enclenchement déterminant le calage des appareils, l'aide de la victime n'a pu couper le courant qu'en se rendant à la sous-station.

Le chef électricien qui a examiné la borne-tableau après l'accident n'y a constaté aucune défectuosité ; la pompe a pu être remise en marche après la fermeture du couvercle de cette boîte.

REMARQUE. — Il est vraisemblable que la victime a voulu se rendre compte du réglage et des conditions de fonctionnement de l'appareil qu'elle venait de réparer. Elle a commis une grave imprudence en immobilisant volontairement le corbeau de sûreté afin de rendre possible la fermeture du sectionneur et de l'interrupteur.

N° 3. — 26 août 1913. — Charbonnage de Ressaix, Leval, Péronne, Sainte-Aldegonde et Houssu. Siège Ste-Barbe, à Ressaix (surface). — Un ouvrier électrocuté.

Le médecin qui a constaté le décès de la victime déclare n'avoir relevé sur le cadavre aucune trace de blessure.

Résumé des circonstances de l'accident.

Ayant suivi, sans raison spéciale, un de ses compagnons de travail à l'étage supérieur d'un atelier de triage de cendres de coke, la victime se trouvait à une fenêtre de cet atelier, dont la construction est entièrement métallique. Elle a été électrocutée en touchant de la main gauche un conducteur nu appartenant à une distribution triphasée sous la tension de 220 volts, situé à 0^m42 de la paroi extérieure de l'atelier de triage et à 0^m30 en contrebas de l'appui de la fenêtre.

A la sous-station desservant cette installation, il existait trois indicateurs de perte à la terre, comprenant chacun une lampe-témoin branchée entre une phase et le sol et constituant une véritable mise à la terre du point neutre.

REMARQUES. — L'installation ne satisfaisait pas à toutes les prescriptions en vigueur et notamment au § 30 de la section A de ces prescriptions, ainsi conçu :

« Les pièces sous tension par rapport à la terre et non recouvertes de matières isolantes doivent être protégées, quand elles sont à portée de la main, contre tout contact accidentel. »

Le § 22 de la même section exige en outre que les lignes aériennes soient « posées de telle sorte qu'elles ne puissent être touchées, sans moyens spéciaux, du sol, des toits, balcons et autres endroits accessibles ».

Enfin, une circulaire ministérielle en date du 24 juillet 1912 appelle l'attention sur le danger de la mise à la terre directe et permanente du point neutre, dans toutes les installations triphasées avec groupement des circuits en étoile, quelle que soit la tension de régime.

N° 4. — 31 août 1913. — Usines sidérurgiques de Sambre-et-Moselle, à Montigny-sur-Sambre. Division du parachèvement. — Un électricien tué.

Le certificat médical se borne à mentionner que la mort a été causée par électrocution.

Résumé des circonstances de l'accident.

L'accident s'est produit à un pont-roulant commandé par des moteurs électriques à courant triphasé, sous la tension de 500 volts, 50 périodes.

La tourelle, ainsi que la cabine du pontonnier sont montées sur un chariot-porteur qui se meut sur le pont.

Le moteur du chariot, installé à la partie supérieure de la tourelle, étant avarié, il fut décidé de le remplacer par un nouveau. Divers ouvriers, parmi lesquels se trouvait la victime, furent chargés de cette besogne. Ils enlevèrent d'abord le moteur avarié après que l'un d'eux eut coupé le courant du pont à l'aide de l'interrupteur général de celui-ci.

Lorsqu'on éleva le nouveau moteur, il fallut déplacer quelque peu le pont et, à cette fin, fermer le dit interrupteur. Au moment où le pont arrivait à l'endroit voulu, la victime pénétra dans la tourelle où l'on devait placer le nouveau moteur, avant d'avoir coupé le courant. Elle trébucha, vint ainsi en contact avec les fils nus du trolley et fut électrocutée, bien que le courant fût immédiatement interrompu.

REMARQUES. — L'interrupteur dont il est ci-dessus question est celui qui est prévu par le littéra 4^e de la circulaire ministérielle du 12 avril 1910 ; ce littéra est ainsi conçu :

« Un interrupteur, placé à l'origine du trolley et facilement accessible, sera ouvert, notamment pour la visite des appareils de prise de courant à contact mobile. »

N° 5. — 18 octobre 1913. — Usines déurgiques de la Société anonyme d'Espérance Longdoz, à Seraing. Division des Aciéries. — Un ouvrier tué.

Le certificat médical, très détaillé, est ainsi conçu :

« Quelques rares lividités rosées à la face dorsale. La face est pâle ; tache verdâtre abdominale. Pas de trace de traumatisme. A la face

» on constate les lésions suivantes : une plaque parcheminée brunâtre
 » très dure occupe le bout de l'aile droite du nez et la moitié droite
 » de la lèvre supérieure, s'étendant sur une longueur d'un centimètre
 » et une longueur de six centimètres sur la joue. Une seconde
 » plaque, horizontale également, et de mêmes dimensions, occupe la
 » partie droite du menton. Autour des bords de ces deux plaques,
 » un léger liseré rougeâtre montrant une réaction vitale. La peau
 » est brune, coriace, et ressemble complètement à l'aspect de la peau
 » brûlée par le contact d'un conducteur électrique. Rien à noter aux
 » yeux ; pas d'ecchymoses conjonctivales ; les pupilles sont égales, de
 » 3 millimètres. Rien dans le nez ni dans la bouche ; la langue est
 » derrière les dents serrées. Un peu de liquide sanguinolent dans la
 » bouche. Au dos de la main droite, en son milieu, une plaque parcheminée
 » d'un brun-verdâtre, horizontale, de 6 millimètres de large sur 20 millimètres
 » de long. Rien au doigt. Rien à la moitié gauche du corps ».

Résumé des circonstances de l'accident.

L'accident s'est produit à l'un des longerons sur lesquels circule le pont-roulant électrique qui dessert l'atelier. Les moteurs sont alimentés par du courant triphasé à la tension de 500 volts, amené par trois fils de trolley situés dans un même plan horizontal, à une hauteur de 1^m34 au dessus de la table supérieure du longeron ; la distance entre les fils est de 0^m15. Le longeron sert également de support à différentes transmissions qui actionnent une partie des machines-outils de l'atelier.

En vue de l'installation d'un tour, une nouvelle transmission devait être établie au longeron. Deux ouvriers, y compris la victime, avaient été chargés de fixer au longeron des consoles destinées à servir d'appui aux paliers de transmission. Pour effectuer ce travail, on avait établi, au niveau de la table inférieure du longeron, qui avait 1^m10 de hauteur, un plancher de travail auquel on avait accès par une échelle placée contre le longeron, d'un côté du plancher. Du côté opposé se trouvait, appuyé contre le longeron, une autre échelle dont le sommet dépassait d'environ 0^m70 la table supérieure du longeron qui avait été utilisé par divers travaux. Pour se rendre à son travail, la victime emprunta cette dernière échelle au lieu de prendre l'autre, moins haute, ce qui l'obligea à passer par dessus le longeron. A un moment donné, elle fut aperçue debout sur le longeron, le visage tourné vers le plancher, les bras

pendant le long du corps et la tête engagée entre deux fils du trolley sous tension.

REMARQUES. — Le courant électrique aurait dû être coupé sur la ligne de trolley à l'aide de l'interrupteur placé à l'origine de celle-ci et facilement accessible.

N° 6. — 10 novembre 1913. — *Charbonnage de Maurage et Boussoit. Siège n° 3, à Maurage. — Installations superficielles provisoires d'une société de fonçage de puits. — Un ouvrier tué.*

Le certificat médical mentionne seulement des brûlures dans la région de l'oreille droite.

Résumé des circonstances de l'accident.

Les installations provisoires dont il s'agit comprenaient une cabine, normalement fermée, contenant des appareils à haute tension faisant partie d'une distribution triphasée à 6,000 volts. Il s'y trouvait notamment des sectionneurs, des parafoudres et des interrupteurs, séparés les uns des autres par des cloisons en éternit avançant de 0^m66 au maximum sur la paroi de la cabine.

Un garde de nuit s'est introduit dans cette cabine et en a refermé la porte à clef. Son cadavre y ayant été retrouvé, l'auteur du procès-verbal a constaté qu'un des fils reliant les bornes du sectionneur au parafoudre avait été détaché.

REMARQUES. — La rumeur publique ayant attribué le décès de la victime à un suicide, cette hypothèse est confirmée par le fait que le garde s'est enfermé à clef dans la cabine où il n'avait aucune raison de pénétrer.

N° 7. — 24 novembre 1913. — *Charbonnage du Centre de Gilly. Puits des Vallées. Installation souterraine. — Un mineur surveillant tué.*

Le certificat médical attribue la mort à un arrêt brusque du cœur par le courant électrique; il fait mention de brûlures du 3^e degré aux avant-bras, à la fesse gauche et au pied gauche.

Résumé des circonstances de l'accident.

Le cadavre de la victime a été découvert dans la salle d'une pompe d'épuisement souterraine, encore inutilisée, devant être actionnée par un moteur de 230 chevaux sous la tension triphasée

de 3,000 volts. Ce cadavre se trouvait derrière le tableau de distribution, à proximité d'un sectionneur placé entre ce tableau et le câble d'alimentation.

L'installation mécanique n'étant pas terminée, on ne faisait usage que d'un petit transformateur statique de 5 K.V.A. fournissant du courant sous la tension de 65 volts entre deux phases pour l'éclairage.

Des mouvements de terrain ayant provoqué des détériorations aux maçonneries, les serrures des portes donnant accès à la chambre d'exhaure ne fonctionnaient plus. Ces portes étaient provisoirement calées au moyen de pièces de bois ou de fer. L'enquête a toutefois établi que l'une d'elles avait été ouverte la veille et qu'elle n'avait pas été refermée. On ignore pour quel motif la victime s'est introduite dans l'espace situé derrière le tableau, contenant les appareils à haute tension et notamment le sectionneur. Elle a dû toucher les bornes de celui-ci, soit volontairement, soit accidentellement à la suite d'une chute.

N° 8. — 16 décembre 1913. — *Charbonnage de Wandre. Nouveau siège, à Wandre. Remise intérieure d'une locomotive à benzine. — Un ouvrier tué.*

Le certificat médical porte que « l'accident a entraîné la mort et » que l'examen extérieur ne révèle aucun signe de la cause de la mort ».

Résumé des circonstances de l'accident.

Un accrochage et une salle de pompe étaient éclairés à l'aide de lampes à incandescence alimentées par du courant alternatif à la tension de 220 volts amené par des conducteurs sous tubes métalliques mis à la terre. Au voisinage de cette salle se trouvait une remise pour une locomotive à benzine, dans laquelle on s'éclairait à l'aide d'une lampe amovible avec corbeille en laiton supportant le treillis protecteur en métal, munie d'un manche en bois traversé également par une tubulure en laiton. Dans cette tubulure passait un câble souple dont les deux fils isolés étaient raccordés à leurs extrémités aux bornes de la lampe et aux bornes d'un socket pouvant se visser sur une prise de courant fixée au toit de la remise. Ce câble souple n'était pas protégé par une enveloppe métallique.

Un ouvrier monteur, aidé de deux manœuvres de la surface et du machiniste de la pompe électrique, effectuait le remplacement des roues d'une locomotive à benzine placée juste en-dessous de cette prise de courant. Pour obtenir un meilleur éclairage, le machiniste

plaça en ce dernier endroit l'une des lampes fixes de la salle des pompes, vissa sur la prise de courant ainsi rendue libre le socket du câble souple et allongea celui-ci en raccordant une extrémité à un bout de câble abandonné dans la salle de la pompe depuis quelque temps déjà. Il introduisit l'autre extrémité de cette allonge, dont l'isolant était constitué par une gaine en caoutchouc entourée d'un tressage, dans la tubulure de la lampe et la connecta aux bornes de celle-ci.

Plusieurs ouvriers se servirent sans incident de la lampe ainsi conditionnée, mais l'un des manœuvres fut électrocuté pendant qu'il tenait en main cette lampe allumée.

Après l'accident, il fut constaté que l'isolant de la rallonge était détérioré et le fil métallique mis à nu en un endroit correspondant à son passage dans la tubulure de la lampe. Par suite de cette défektivité, un courant électrique a parcouru le circuit constitué par le pôle correspondant et fait retour par l'ouvrier; la terre et l'autre pôle, grâce au contact, avec le sol humide, de la ligature nue de la rallonge avec le câble.

REMARQUES. — L'accident en question ne se serait pas produit si les prescriptions réglementaires avaient été rigoureusement observées et notamment si le câble souple avait été constitué par des conducteurs recouverts d'une enveloppe résistante garnie d'un tressage serré en fil d'acier mis à la terre. La tension du courant n'aurait pas dû dépasser 110 volts.

Il aurait été également évité si la masse de la lampe avait été isolée de la douille de celle-ci.

N° 9. — 16 mars 1914. — Usines de la société anonyme d'Athus-Grivegnée, halle de laminage, à Athus. — Un électricien tué.

Le médecin qui a constaté le décès de la victime signale qu'elle portait « deux petites brûlures aux doigts index et médus de la main gauche et des plaques marbrées sur la poitrine et la cuisse gauche ».

Résumé des circonstances de l'accident.

La victime a été électrocutée par contact avec un fil de trolley

amenant le courant au moteur du chariot ripeur-culbuteur du train-blooming. Ce moteur était alimenté par du courant triphasé sous 500 volts amené, par câble souterrain, à l'extrémité d'un canal renfermant les six fils conducteurs du stator et du rotor; six petites poulies reliés au moteur roulent sur ces fils.

Le courant avait été coupé pour effectuer une réparation au chariot; quand celle-ci fut terminée, la victime resserra les écrous des tendeurs des fils conducteurs. L'électricien chef de brigade, voyant que ce serrage était presque terminé, fit signe au machiniste et lui dit de se préparer à remettre en marche le moteur. Le machiniste monta sur la passerelle de commande et ferma l'interrupteur, mettant sous tension le fil supérieur du stator, et la victime, qui n'était pas encore sortie de la fosse, s'affaissa brusquement, électrocutée, sans qu'on ait vu comment le contact s'était produit.

A la sous-station, deux transformateurs statiques ramènent le courant de la tension de 3,000 volts à celle de 500 volts; le circuit secondaire a ses trois conducteurs groupés en étoile avec point neutre isolé sans parasurtension.

Sur une soixantaine de mètres de longueur, la canalisation était en câble armé.

Au moment de l'accident, la victime était chaussée de bottines en cuir ferrées.

REMARQUES. — La capacité de la ligne n'a pu produire un courant suffisamment intense pour provoquer la mort. La cause de l'accident doit être trouvée, outre le contact de la victime avec un des fils du stator sous tension, dans un défaut d'isolement de la ligne comprise entre les transformateurs et le moteur.

N° 10. — 14 avril 1914. — Charbonnage du Carabinier. — Pont de Loup. — Sous-station. — Un ouvrier tué.

Un premier certificat médical mentionnait que l'autopsie était nécessaire pour pouvoir déterminer la cause de la mort de la victime, celle-ci ne portant aucune lésion en dehors d'une légère trace de brûlure au dos de la main gauche.

Après autopsie, il fut reconnu par les médecins légistes que la mort était due à l'électrocution. Cette conclusion était basée sur

« l'absence de toute lésion expliquant autrement une mort subite » et, d'autre part, la coloration lie-de-vin, la fluidité du sang, l'état » différent des deux poumons et enfin la brûlure spéciale relevée au » dos de la main gauche ».

Résumé des circonstances de l'accident.

L'accident est survenu dans le couloir isolé situé derrière le tableau de distribution de la sous-station électrique ; ce couloir, de 1^m30 de largeur, longe les différents compartiments renfermant les pièces sous tension ; chacun de ces compartiments est pourvu d'une porte grillagée.

Le courant électrique triphasé à la tension de 6,000 volts, 50 périodes, provenait de la Société d'Electricité du Hainaut. Le point neutre de la distribution est isolé. Le pavement du couloir est en ciment parfaitement sec.

Le jour de l'accident, la victime se rendit dans le couloir situé derrière le tableau pour y balayer le pavement. Une demi-heure après, l'électricien pénétra dans ce même couloir et y découvrit le manœuvre étendu, mort, sur le pavement, couché sur le dos, la tête du côté de son balai et les pieds à proximité de la porte d'un des compartiments restée entr'ouverte de 0^m10 environ ; tous les autres compartiments avaient leurs portes fermées.

REMARQUES. — La cause de l'accident a été attribuée à l'imprudence de la victime qui a ouvert la porte fermant un des compartiments du tableau de distribution et touché une pièce sous tension.

N° 11. — 23 mai 1914. — Usines sidérurgiques de Sambre et Moselle, à Montigny sur Sambre. — Division des fours à coke. — Un ouvrier tué.

Le certificat médical se borne à mentionner que l'ouvrier est mort par l'électrocution.

Résumé des circonstances de l'accident.

L'accident s'est produit dans la chambre de la défourneuse desservant une batterie de fours à coke. Cette défourneuse, entièrement métallique, est montée sur 12 galets qui lui permettent de se déplacer sur 4 files de rails établies parallèlement à la devanture

des fours à coke. Elle comprend, entr'autres, un tableau de distribution avec un interrupteur et des fusibles.

Les moteurs, à courant triphasé sous la tension de 550 volts, 50 périodes, sont alimentés par une sous-station recevant le courant de la centrale à la tension de 3,000 volts. La prise de courant à 550 volts pour l'alimentation des moteurs se fait par trolley sur les trois fils.

L'un des moteurs, d'une puissance de 40 chevaux, commande le piston de la défourneuse, ainsi que l'engrenage du mouvement de translation de celle-ci sur les rails ; le second moteur, d'une puissance de 8 chevaux, commande les pilons à charbon.

Le tableau se trouve à 1^m40 de hauteur par rapport au plancher métallique de la défourneuse.

Au moment de l'accident, on avait amené la défourneuse au-dessus de la fosse destinée à la visite de la partie inférieure des appareils. L'ouvrier chargé de cette besogne dit au machiniste de déplacer la défourneuse de 0^m20 ; celui-ci manœuvra l'interrupteur du tableau de distribution, puis il agit sur le levier de commande du moteur. La manœuvre réclamée étant terminée, il retourna au tableau de distribution pour interrompre le courant ; il aperçut à ce moment la victime, qu'il n'avait pas entendu ni vu entrer dans la chambre de la défourneuse, la tête appliquée contre des fusibles. Le courant ayant été aussitôt coupé, la victime s'affaissa sans vie sur le parquet de la défourneuse.

Un témoin a aperçu une flamme de 5 à 10 centimètres au moment de l'entrée en contact de la victime avec un ou plusieurs fusibles. Après l'accident, un de ceux-ci présentait de légères traces de fusion.

Deux lampes-témoins étaient connectées en série sur 2 phases, entre la prise de courant par trolleys et les mâchoires d'arrivée de l'interrupteur ; elles indiquaient que la ligne d'aménée était sous tension et que les roulettes de trolley étaient en contact avec les fils de cette ligne.

Le point neutre de la centrale n'est pas mis à la terre.

Le transformateur statique de la sous-station, d'une puissance de 900 K.V.A., dessert, outre la défourneuse en question, une autre défourneuse du même type et divers autres appareils. Les circuits secondaires de ce transformateur sont connectés en étoile dont le point neutre n'est pas relié à la terre. Une mise à la terre indirecte et permanente d'un point neutre du réseau secondaire est réalisée par 3 paires de lampes à incandescence en série. La résistance

ohmique de ces lampes est, à froid, de 2,200 ohms et à chaud, de 1,250 ohms environ.

Le panneau du circuit secondaire du transformateur porte un indicateur de terre du type Ferraris, dont le commutateur est normalement sur le plot d'isolement. Enfin, chaque barre secondaire porte un parafoudre à cornes servant de limiteur de tension.

Lors de l'accident, la victime était chaussée de sandales en chanvre avec semelles en cuir. Lorsque l'accident est survenu, la tôle formant le parquet de la chambre de la défourneuse était, aux dires des témoins, quelque peu mouillé. La chambre de la défourneuse est entièrement métallique et est reliée au sol par le contact métallique des galets et des rails.

REMARQUES. — Des observations et faits exposés ci-dessus, il résulte que la victime a été électrocutée au contact d'un ou deux fusibles. Il eut été intéressant de déterminer si l'électrocution a eu lieu entre deux phases ou entre une phase et la terre, en d'autres termes, si la tête de la victime s'est trouvée en contact avec deux des fusibles ou avec un seul. Les éléments recueillis ne permettent pas d'élucider ce point. Dans l'une comme dans l'autre hypothèse, la nécessité de protéger les fusibles et, d'une façon plus générale, toutes les parties nues sous tension, s'impose. Dans l'hypothèse où l'électrocution aurait été produite par contact avec un seul fusible, la question de l'isolement et peut-être aussi de la capacité du réseau desservi par le secondaire du transformateur doit être examinée. On peut admettre, d'après les faits relevés par l'enquête, que la capacité du réseau est faible et ses effets peuvent être vraisemblablement négligés ; dès lors, la question de l'isolement reste en jeu.

Toutefois, des calculs effectués par les auteurs du procès-verbal d'enquête, il résulte que la seule présence des lampes indicatrices de terre, à l'exclusion de tout défaut d'isolement, a pu suffire à déterminer un courant dangereux ; ce dispositif constitue une véritable mise à la terre du point

neutre. Il est à remarquer que la circulaire ministérielle du 24 juillet 1912 interdit implicitement tout dispositif de ce genre du moment qu'il peut donner naissance à un courant dangereux (qui ne doit pas dépasser 40 milliam-pères) à travers le corps d'une personne touchant une pièce sous tension appartenant à une seule phase. Le dispositif par lampes indicatrices dont il s'agit n'aurait dû être toléré que moyennant l'intercalation d'un interrupteur tripolaire normalement ouvert et que l'on ne fermerait qu'au moment des essais,

En tout cas, l'accident eut été évité si les fusibles avaient été protégés contre tout contact, comme le prescrit la circulaire ministérielle du 12 avril 1890.

N° 12. — 3 juillet 1914. — *Charbonnage de Belle-Vue et Bien-Venue. — Atelier de triage et de lavage des charbons. — Un ouvrier tué.*

L'examen médical du cadavre a été fait d'une façon particulièrement soignée. Il a été notamment procédé à un examen microscopique de l'escharre trouvée à la face radio-palmaire de l'index droit de la victime, en vue de conclure si de la constitution anatomique de cette escharre on peut, avec certitude, attribuer la mort à une électrocution. Cet examen n'a pas été concluant pour des raisons longuement exposées. D'autre part, la victime souffrait d'une affection cardiaque qui l'exposait à une mort subite. Le praticien conclut toutefois qu'« il faudrait, pour affirmer que la mort de cet ouvrier » n'est pas due au courant électrique, admettre la coïncidence vraiment surprenante d'une syncope cardiaque mortelle ayant précédé » le moment où cet ouvrier a été en contact avec le courant électrique ».

Résumé des circonstances de l'accident.

L'accident est survenu dans un atelier comportant notamment un pont en bois traversant, par une baie ouverte, une paroi en planches d'un hangar. Par ce pont, on évacue, vers l'extérieur, au moyen de wagonnets roulant sur rails, le poussier qu'une chaîne à godets déverse dans une trémie.

L'éclairage électrique de l'atelier dont il s'agit était réalisé par

3 lampes à incandescence de 32 bougies, avec circuit branché sur celui amenant le courant au moteur actionnant les appareils. Ce courant était triphasé, 50 périodes, sous la tension de 220 volts. Le point neutre de la distribution était isolé. Les deux conducteurs pour l'éclairage (par fils de phases exclusivement) étaient constitués chacun d'un fil de cuivre étamé de 0,8 millimètre avec gaine en caoutchouc vulcanisé et double enveloppe en tissu tressé. Ils longeaient extérieurement la partie supérieure de la baie prémentionnée.

Deux ouvriers, dont la victime, devaient, le jour de l'accident, transporter au moyen d'un petit wagonnet, le poussier accumulé dans le hangar. L'interrupteur de l'éclairage était fermé. A un moment donné un wagonnet venait d'être chargé; la victime se trouvait sur le tas de poussier, près d'un montant de la baie. Son compagnon l'entendit soudain pousser un cri et, se retournant vers lui, le vit hagard, tenant d'une main le conducteur inférieur qui pendait, dit-il, sous une traverse en bois située à environ 2 mètres au-dessus du niveau des rails. Soutenant la victime d'une main, celui-ci rompit le fil par un effort brusque, non sans ressentir une légère secousse.

L'unique témoin susdit a affirmé que le fil touché par la victime était dénudé au-dessus de la baie, sur une longueur de 10 à 15 centimètres, mais le fait n'a pu être constaté officiellement, parce que cette partie du conducteur fut immédiatement coupée par un ouvrier qui craignait un nouvel accident.

La victime était chaussée de souliers et le tas de poussier était humide.

REMARQUES. — Bien que les circonstances de l'accident soient mal connues, il n'est pas douteux qu'il s'agit bien, en l'espèce, d'un accident par électrocution. Le médecin légiste, après de longues et savantes recherches, a reconnu le passage d'un courant électrique intense par la main droite de la victime. Il se demande toutefois si ce passage a eu lieu avant la mort ou après, ce qu'il n'a pu établir; mais il est acquis, par l'enquête administrative, que la victime a crié lors du contact avec le conducteur électrique, de qui semble exclure l'hypothèse, d'ailleurs peu vraisemblable, d'un accident cardiaque précédant immédiatement

ce contact. D'autre part, il est probable que la victime, atteinte d'une affection cardiaque, a succombé sous l'action d'un courant électrique beaucoup moins intense qu'une personne dont le cœur est sain. Bien que dans ce dernier cas le courant, pour être mortel, paraisse devoir atteindre de 70 à 80 milliampères, la victime a pu succomber à un courant de 20 à 25 milliampères, en raison de son état pathologique spécial.

Comme conclusion, on peut dire qu'il conviendrait que les distributions à courants alternatifs pour l'éclairage, à des tensions supérieures à 110 volts entre 2 phases, fussent interdites, non seulement dans le fond, mais encore à la surface; que les circuits d'éclairage fussent rendus inaccessibles au personnel, ou tout au moins que leur protection contre la détérioration des isolants fût parfaitement assurée, même dans le cas d'emploi de courant distribué sous de basses tensions, un défaut momentané d'isolement pouvant toujours se produire en un point quelconque de la ligne.

N° 13. — 6 avril 1914. — *Aciéries Gustave Boël, à La Louvière.* — *Un électricien tué.*

Le certificat médical attribue la mort à l'électrocution, sans faire connaître les constatations qui justifient cette conclusion.

Résumé des circonstances de l'accident.

L'accident s'est produit dans la salle d'une pompe centrifuge actionnée par un moteur électrique triphasé sous la tension de régime de 2,100 volts.

Voulant mettre en marche cette pompe, le machiniste préposé à la surveillance avait fait appel au concours d'un électricien de la centrale qui est située à proximité.

Le démarrage de la pompe a provoqué le déclenchement d'un interrupteur automatique logé dans une cabine contenant aussi des sectionneurs et qui est fermée par une porte en treillis maintenue par trois écrous à oreilles.

Les deux ouvriers se sont d'abord éloignés, puis l'électricien,

ayant enlevé les écrous, a pénétré dans la cabine sans avoir fait ouvrir l'interrupteur de la centrale. Son cadavre y a été trouvé quelques instants après. Les extrémités de plusieurs doigts de la main droite étaient brûlées. Dans le cours de l'enquête, il a été remarqué, sur une des plaques de l'interrupteur, à environ 2 mètres au-dessus du sol, les traces du contact des doigts de la victime marquées par de la substance carbonisée.

Le chef électricien suppose que la victime a voulu modifier le réglage de l'interrupteur ; il a déclaré que les électriciens doivent, avant de toucher les appareils, interrompre le courant à la centrale et enlever les trois sectionneurs au moyen d'une tige pourvue d'un isolateur.

REMARQUES. — Il y a eu, soit un malentendu entre les ouvriers, soit une imprudence grave de la part de la victime. La pièce touchée appartient à une seule phase ; sa hauteur à 2 mètres au-dessus du sol semble exclure l'hypothèse d'un contact accidentel. Il eut été intéressant de connaître si le point neutre de la distribution était isolé ou non, si la ligne avait une capacité appréciable ou si elle présentait un défaut d'isolement ; le contact avec une phase ne suffit pas pour produire un accident.

N° 14. — 23 janvier 1915. — *Charbonnage d'Auwelais-St-Roch, siège n° 2, à Auwelais. — Chambre de moteur souterrain. — Un machiniste tué.*

Le procès-verbal d'autopsie mentionne que la teinte générale du corps est rosée-carminée très nettement caractérisée, à l'exception de l'abdomen dont la peau a la teinte verte de la putréfaction. Il écarte l'hypothèse de l'empoisonnement par l'oxyde de carbone et conclut que l'électrocution est possible, sans en trouver les preuves. Il ne détermine pas les causes des petites plaies de la main gauche et ne constate aucune trace de brûlures profondes ; les organes internes sont sains et leur examen ne révèle pas la cause de la mort. Le sang qui coule par le canal rachidien est fluide et vermeil. Les tissus et les différents organes, y compris les intestins, ont une coloration rosée fortement carminée, comme la peau.

Résumé des circonstances de l'accident.

L'accident s'est produit dans la salle des installations électriques à l'étage de 333 mètres, salle établie à proximité des puits. La salle contenait primitivement une pompe d'exhaure actionnée par un moteur électrique à la tension alternative triphasée de 2,850 volts, un transformateur statique ramenant la tension à 190 (entre 2 phases) et à 110 volts (entre phase et neutre) pour l'alimentation de petits moteurs et de lampes.

Ces appareils, ayant été noyés au mois d'août 1914 par suite de l'arrêt de la station centrale qui fournissait le courant, ont dû être mis en réparation et en séchage et remplacés, pour assurer le service d'exhaure, par une installation provisoire de secours comprenant un moteur triphasé pour la pompe, un transformateur statique et les appareils nécessaires au remplacement du tableau de distribution et de commande installés sur un chariot métallique.

Le câble armé d'amenée du courant à haute tension descendait du tableau, contre le mur, jusqu'au sol cimenté de la salle, sur lequel il reposait, puis remontait jusqu'à une boîte de jonction fixée à la caisse de l'interrupteur ; de cette boîte partaient trois fils isolés divergents atteignant les trois bornes d'arrivée de l'interrupteur ; ces trois bornes étaient, en outre, reliées par trois fils isolés aux trois bornes du primaire du transformateur ; des trois bornes du secondaire de celui-ci partaient des fils isolés vers les lampes.

Il résulte de l'enquête que la victime a dû toucher une des bornes primaires de l'interrupteur non protégées et accessibles grâce à un changement de place du transformateur, changement effectué le jour même en vue du rétablissement des appareils primitifs.

Au moment de l'accident, la pompe et les lampes étaient en activité et ont continué à fonctionner sans qu'on ait constaté aucune anomalie dans les appareils de sûreté, ni au fond, ni à la surface, ni à la centrale. Aucune trace de détérioration ni d'étincelle électrique n'a été constatée sur le bidon de la victime, ni sur l'isolant des fils, ni sur les bornes de l'interrupteur ou du transformateur.

La distribution d'énergie électrique est établie en étoile avec point neutre isolé.

La victime était habillée de vêtements de toile et chaussée de sabots avec des chaussons d'étoffe. Le sol de la salle est cimenté et sec, mais celui de la galerie est très mouillé.

La station génératrice alimentait un réseau d'une étendue considérable, comprenant plusieurs centaines de kilomètres de conduc-

teurs, pour la plupart aériens et nus ; elle ne possédait pas d'indicateur permanent d'isolement. Les diagrammes enregistreurs du voltage n'ont donné aucune indication spéciale relative au moment de l'accident.

REMARQUES. — Il n'y a pas le moindre doute que l'accident n'ait été causé par l'électricité.

L'installation était défectueuse, attendu que les pièces métalliques sous tension n'étaient pas mises à l'abri de tout contact accidentel.

Au cas où la victime n'aurait touché qu'une phase, l'accident pourrait être attribué à un défaut local d'isolement des lignes ou à un phénomène de capacité.

N° 15. — 29 mai 1915. — *Charbonnage d'Appaumée-Ransart, siège le Marquis (surface), à Fleurus. — Un électricien tué.*

Le certificat médical relatif à cet accident est conçu comme il suit :
« Asphyxie par électrocution. Brûlure de la peau du poignet droit. »

Résumé des circonstances de l'accident.

La victime était chargée de la surveillance des installations électriques du siège susdit. Le jour de l'accident, après avoir dîné en compagnie d'un parent, elle l'introduisit illicitement dans les locaux du service électrique pour lui en montrer les installations. La victime pénétra, à un moment donné, derrière les loges en béton contenant les appareils à haute tension de la sous-station et toucha la plaque métallique d'un relai commandant l'interrupteur automatique à maxima ; elle tomba foudroyée.

Dans la salle de la sous-station se trouvent les appareils d'arrivée du courant alternatif triphasé à 6,000 volts venant, par câbles armés souterrains, des usines d'électricité du Hainaut, à Montigny-sur-Sambre, les transformateurs et le tableau de distribution.

Derrière le tableau, les appareils sont placés dans des loges en béton, le long de deux couloirs accessibles par des portes en fer fermant à clef.

L'accident s'est produit dans un couloir devant la loge renfermant les appareils d'arrivée du courant à 6,000 volts. Celui-ci arrive par

le bas à un premier groupe de sectionneurs ; de là, les conducteurs passent dans un interrupteur à bain d'huile renfermé dans un bac métallique, et enfin, sont reliés aux barres par l'intermédiaire d'un second groupe de sectionneurs. En sortant de l'interrupteur à bain d'huile, deux des conducteurs passent par deux relais à maxima et à temps qui font déclancher l'interrupteur dès que l'intensité du courant dépasse la limite admise. Ces relais reposent sur le principe suivant : le courant à haute tension passe dans une bobine qui développe, dans un noyau en fer à cheval, un champ magnétique lequel tend à faire tourner un induit dont la rotation entraîne le déclanchement de l'interrupteur. Aussi longtemps que le courant ne dépasse pas sa valeur normale, cette rotation est empêchée par un dispositif de verrouillage qu'il serait long et inutile de décrire. L'induit est déverrouillé lorsque le courant dépasse la valeur maximum admise et se maintient à cette valeur pendant un certain temps. Le déverrouillage de l'induit est provoqué par l'allongement d'un fil, allongement qui est d'autant plus grand que le courant de décharge est plus intense et de plus longue durée.

Le courant passant dans ce fil est à faible voltage ; il est induit par le courant primaire à 6,000 volts dans deux bobines enroulées sur les branches latérales du noyau en fer à cheval. Le réglage de l'appareil consiste dans la variation de la résistance du circuit du fil chaud qui a lieu au moyen d'un curseur. Ce circuit est complété par le bâti de l'appareil. Celui-ci est placé au-dessus du bac de l'interrupteur et à l'avant ; il est masqué par une plaque en fer de 210 millimètres de haut et 140 millimètres de large, dans laquelle est découpée une ouverture rendant accessible la vis qui permet de régler la position du curseur. L'une des bornes de la bobine primaire est reliée au bâti de l'appareil ; cette liaison met en contact le bâti, et par conséquent le circuit du fil chaud, avec le conducteur à 6,000 volts. L'appareil est complètement isolé du bac de l'interrupteur, lequel est mis à la terre.

L'ingénieur qui a procédé à l'enquête administrative a constaté sur la plaque en fer masquant l'appareil à maxima, ainsi que sur la vis du curseur, des traces de fusion de métal.

Le sol du couloir est pavé de carreaux de ciment ; il était sec et non glissant. Le caniveau par lequel le câble à haute tension est amené, est recouvert d'une plaque en fonte à nervures.

Dans toute l'installation, les liaisons entre phases sont disposées en triangle. La sous-station est protégée par des parafoudres à

rouleaux et à résistances liquides reliant à la terre les trois barres d'arrivée du courant à 6,000 volts. Ces liaisons ne modifient pas sensiblement l'isolement de l'installation, dont la mesure a été effectuée au moyen d'un appareil à courant continu gradué jusqu'à 5 mégohms ; l'appareil n'a pas donné de déviation sensible.

La centrale d'Electricité du Hainaut qui alimente la sous-station se trouve à plus de 10 kilomètres de celle-ci et alimente, par le même câble, d'autres usines. La seule liaison avec la terre qui existe à cette centrale consiste également en parafoudres à rouleaux et à résistances liquides.

Comme indicateurs de terre, on dispose de voltmètres électrostatiques dont les indications sont relevées d'heure en heure. Ces indications sont restées normales pendant la journée du 29 mai.

REMARQUES. — Les traces de fusion relevées sur la tôle masquant le relai à maxima de l'interrupteur, ainsi que sur la vis de réglage, et la brûlure constatée au poignet droit de la victime établissent que celle-ci a été électrocutée en touchant cet appareil. Ce contact a pu être mortel, bien qu'il ait été constaté que l'isolement de l'installation fût satisfaisant, à cause de la capacité d'une ligne comportant un développement de 10 kilomètres de câble.

L'interrupteur à maxima aurait dû être mis à la terre, soit directement, soit indirectement. Pour effectuer directement cette mise à la terre, il fallait faire usage d'un appareil de meilleur isolement que celui dont on se servait. On pourrait aussi l'effectuer indirectement en le plaçant dans une autre caisse métallique, isolée de la première et mise à la terre.

N° 16. — 29 juillet 1916. — *Charbonnage des Chevalières* — *Siège Saint-Charles, à Dour.* — *Atelier de triage.* — *Un ouvrier tué.*

Le certificat médical se borne à indiquer que l'accident a entraîné la mort.

Résumé des circonstances de l'accident.

L'accident s'est produit dans la cabine à haute tension à 6,000 volts, en courants triphasés, établie dans les dépendances de la surface du siège susdit.

La victime, après avoir pris la clef de la cabine qui se trouvait dans la dite cabine, a touché des conducteurs et a été électrocutée.

L'accident a été découvert à cause d'une forte odeur de brûlé qui se dégagait de la cabine. Le cadavre de la victime fut trouvé étendu sur le dos ; au moment où on l'a retiré, les chairs commençaient à brûler. Des traces de chair brûlée trouvées sur des fils en deux points montrent que la victime les a touchés en ces endroits. Les mains portaient des brûlures et leur squelette était en partie à nu.

La cabine était fermée par une porte solide en bois ; la clef était pendue à un clou enfoncé dans le mur du bureau susdit, à deux mètres de hauteur, et ne portait pas d'étiquette de destination.

L'entretien et la visite des appareils de cette cabine sont à charge de la société d'électricité qui fournit le courant.

N. 17. — 26 août 1916. — *Charbonnage du Buisson.* — *Siège n° 2 à Wasmes.* — *Centrale électrique.* — *Un ouvrier tué.*

Les conclusions du rapport d'autopsie sont les suivantes :

« Cet homme ne présentait aucune tare pathologique et, par » exclusion, étant données les circonstances dans lesquelles la mort » s'est produite, étant données les lésions spéciales constatées à la » main droite, on peut attribuer la mort au passage du courant » électrique. »

Résumé des circonstances de l'accident

Un ouvrier était occupé à nettoyer l'intérieur d'un condenseur établi dans la cave de la centrale électrique. A la suite d'un cri poussé par cet ouvrier, on se porta à son secours et on le trouva étendu, sans vie, près du condenseur.

Cet ouvrier était éclairé par une lampe électrique à incandescence placée à l'entrée de la cave, et par une lampe électrique amovible qui était suspendue par une courte cordelette en coton attachée, d'une part à la partie de la cordelière contenant les conducteurs recouverts de toile, et d'autre part à un clou enfoncé dans le calorifuge de la conduite de vapeur. Elle a été vue au-dessus du condenseur par deux ouvriers, un peu avant l'accident.

Une toile isolante entourait la base de la lampe et recouvrait complètement les parties métalliques ainsi que la partie voisine des conducteurs, de façon à empêcher tout contact direct avec celle-ci.

Les débris de l'ampoule ont été retrouvés sur le sol, sensiblement à l'aplomb du point de fixation.

Les environs du condenseur étaient humides : la vapeur provenant des pertes par les tuyauteries se condensait sur les poutrelles métalliques supportant les voussettes et sur une poutre rivée, de dimensions plus fortes, placée au-dessus du condenseur. Le sol était légèrement boueux et de l'eau séjournait dans la rigole.

Le courant triphasé dont on faisait usage était à la tension de 220 volts entre phases, sans fil neutre. Le centre de l'étoile du secondaire du transformateur était isolé.

REMARQUES. — La lampe à incandescence suspendue à la tuyauterie de vapeur au niveau de la face supérieure du condenseur ne suffisait pas à éclairer la victime ; celle-ci l'aura vraisemblablement déplacée et aura touché une des pièces sous tension ; l'accident aura été occasionné par un défaut d'isolement d'une partie de l'installation, le circuit aura été complété par le corps de l'homme dans des conditions particulièrement favorables par suite de la présence de pièces métalliques et de l'humidité qui régnait dans le sous-sol.

Cet accident appelle de nouveau l'attention sur le danger que peuvent présenter les installations de fortune du genre de celle dont il s'agit et montre l'absolue nécessité de se conformer aux règles en vigueur, nonobstant le taux peu élevé de la tension du courant électrique.

N. 16 (1). — 22 octobre 1916. — Usine à zinc de la Nouvelle Montagne. — Centrale électrique, à Engis. — Un ouvrier tué.

L'autopsie n'a fait reconnaître chez la victime (jeune homme de

(1) Dans le compte-rendu du 30^e Congrès des ingénieurs en chef des associations de propriétaires d'appareils à vapeur, tenu à Paris en 1906, M. Kammerer, de Mulhouse, donne la relation d'un accident mortel dû à l'emploi d'une lampe à incandescence à main alimentée par du courant alternatif à la tension de 120 volts. La victime était un homme très robuste de 43 ans. On remarque sur sa poitrine de petites traces de brûlures occasionnées par le contact du grillage métallique qui entourait la lampe. Cet ingénieur estime que cet accident doit être attribué à l'excellent contact qui existait entre la chaudière, et par conséquent la terre, et la victime et à l'état de transpiration dans lequel se trouvait cette dernière par suite de la température élevée.

25 ans bien constitué) aucune lésion organique. En ce qui concerne l'examen microscopique de la peau, le résultat en a été négatif, l'un des stygmates habituels, mais non indispensables, de l'électrocution faisant défaut. Dans l'impossibilité de soumettre toute la surface du corps à un examen aussi compliqué, l'attention des médecins a néanmoins été appelée sur la possibilité d'une escharre électrique, mais il n'en a pas été constaté. Ils concluent toutefois que l'autopsie n'exclut pas la possibilité d'une électrocution.

Résumé des circonstances de l'accident

La victime avait procédé, avec son frère, au nettoyage d'une des chaudières à tubes-foyers de la centrale électrique de l'usine. Elle venait de terminer le balayage des dernières boues et procédait vraisemblablement à une visite générale de l'intérieur du corps cylindrique en s'éclairant au moyen d'une des lampes électriques portatives de 50 watts, alimentées par du courant continu sous la tension nominale de 250 volts, raccordées à un tableau spécial placé à l'arrière du massif des générateurs.

La victime reposait, pieds nus, sur un des tubes-foyers et appuyait par le torse nu sur le corps cylindrique de la chaudière.

Le râclage des incrustations était terminé et il avait été procédé au lavage des tôles. Il régnait dans la chaudière une température d'environ 40° C, provoquant une abondante transpiration.

Un des fils conducteurs du câble souple s'est dégagé de la vis de serrage qui établit le contact avec l'une des bornes de la lampe et la main de l'ouvrier étant venue en contact avec ce fil conducteur par l'intermédiaire des pièces métalliques de la douille, un circuit s'est établi par le corps de la victime, les parties métalliques de la chaudière et un point défectueux du câble, ou bien par la terre et la canalisation générale par suite d'un défaut d'isolement. Il a été, en outre, constaté qu'un arc voltaïque s'était produit dans la douille et une sûreté, marquée du chiffre 6 ampères, a fondu au tableau, d'où partait le circuit des deux lampes.

Le câble souple était constitué de deux fils conducteurs isolés au caoutchouc, recouverts d'une tresse de coton et composé de trois sections épissées entre elles. Il était en mauvais état de conservation et n'était pourvu d'aucun moyen de protection contre les détériorations mécaniques.

REMARQUES. — Quelle que soit la cause exacte de cet

accident, il a fallu qu'il se développe, à travers le corps de la victime, un courant minimum de 200 à 250 milliampères pour être mortel chez un individu sain. Il en résulte que la résistance du circuit qui s'est formé a dû descendre jusque 1,000 ou 1,250 ohms. Dans les conditions où l'ouvrier se trouvait placé dans la chaudière, la résistance du corps de ce dernier a pu s'abaisser à ces taux. Il fallait, en outre, qu'un défaut d'isolement grave existât, soit au câble, soit à l'ensemble de l'installation, ce qui a été l'objet de recherches approfondies; ce défaut d'isolement général était tel que sur chaque pôle un fusible réglé pour 5 1/2 ampères fondait quand l'autre pôle était mis à la terre.

Quoi qu'il en soit, d'après les règles en vigueur, les conducteurs souples des lampes ou autres appareils amovibles doivent être, dans des cas de l'espèce de celui dont il s'agit, pourvus d'une gaine protectrice contre les effets mécaniques, indépendamment de l'isolant.

D'autre part, on doit considérer le mode de construction de la lampe comme défectueux sous plusieurs rapports. Les conducteurs de courant devraient être fixés dans la poignée isolante de manière à éviter tout effort de traction accidentel sur les bornes du socket de la lampe. En outre, la rupture des fils conducteurs a amené l'un d'eux en contact avec la douille métallique et par celle-ci au support en laiton du treillage de la lampe. Pour des lampes de l'espèce, les prescriptions administratives obligent de faire usage de matières isolantes.

Nature et tension du courant.

Parmi les 18 accidents mortels ci-dessus analysés, 17 sont dus à l'emploi du courant alternatif triphasé à des tensions diverses et des périodicités de 25 à 50; un seul est dû au courant continu.

Si le courant alternatif cause le plus grand nombre d'accidents mortels, c'est qu'il est, dans les mêmes conditions, plus dangereux que le courant continu et qu'il est le plus répandu dans les applications industrielles.

Le courant continu qui a donné lieu au seul accident mortel recensé était de tension modérée, 250 volts.

Pour le courant triphasé, la répartition du nombre d'accidents est la suivante, par rapport à la tension normale :

4 accidents :	courant de	6,000 volts ;
4	»	2,100-2,850 et 3,000 volts ;
1	»	1,050 volts ;
4	»	500 volts ;
4	»	220 volts ;

On voit que les accidents dus à des courants alternatifs à tension modérée et à basse tension sont encore nombreux, près de la moitié : 8 sur 17.

Une des causes de cette situation réside encore dans cette erreur fondamentale qu'il s'agit de déraciner, que les faibles voltages ne sont pas dangereux. On perd de vue que le danger réside dans l'intensité du courant traversant le corps de l'homme et mettant le cœur en circuit; quand cette intensité atteint 70 ou 80 milliampères, le danger de mort existe et il est certain, pour peu que ce taux soit dépassé. Elle peut même descendre à un taux inférieur et causer la mort d'individus atteints d'une affection cardiaque.

Il est à remarquer que, à part les brûlures auxquelles peut donner lieu le passage du courant électrique, le courant alternatif, s'il ne détermine pas la mort, ne laisse aucune trace sur les organes humains. Il n'en est pas toujours de même du courant continu. Celui-ci est moins dangereux au point de vue des conséquences mortelles; il peut occasionner, en raison des phénomènes d'électrolyse

qu'il produit, des lésions organiques qui ne se manifestent qu'à la longue et qui déterminent des incapacités plus ou moins complètes de travail.

Résistance du corps humain.

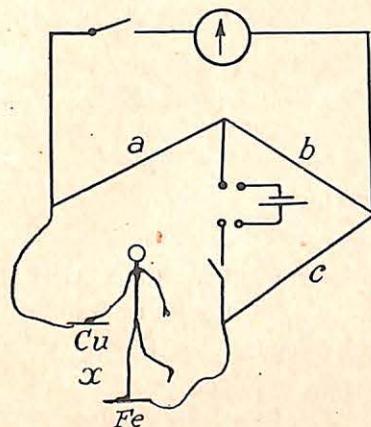
Comme nous l'avons déjà écrit, la résistance du corps humain est très variable; elle dépend essentiellement de la façon dont le contact s'établit avec les conducteurs sous tension et de l'état de la peau.

M. le docteur *Weiss*, de Paris, signale que, dans certaines circonstances, cette résistance peut descendre à 1,500 et même à 1,200 ohms.

Nous avons procédé, avec le concours d'un éminent spécialiste, M. le professeur *Omer De Bast*, sur deux sujets A et B, à des expériences destinées à déterminer cette résistance et nous avons obtenu des résultats très différents l'un de l'autre. Les chiffres obtenus sont relativement élevés, les expériences ayant été faites, par prudence, avec un seul élément de pile Daniell; on sait, en effet, que la résistance dépend, dans une certaine mesure, de la tension et diminue avec celle-ci.

Nous donnons ci-après les résultats de ces expériences :

6 février 1917. — Exécution, à l'Ecole industrielle de Liège, de quelques expériences de mesure de la résistance du corps humain entre la main et le pied droits, posés nus, la première sur une plaque de cuivre, le second sur une tôle de fer.



$$x = \frac{a}{b} c$$

Méthode. Pont de Wheatstone, avec un élément Daniell dans la diagonale de la pile.

Observations. — Dans les expériences Cu +, la pile est raccordée au pont de manière que le courant traverse le corps en allant du cuivre vers le fer; dans les expériences Fe +, le courant va du fer vers le cuivre.

Résultats :

		A				B				
		a	b	c	x	a	b	c	x	
Main et pied secs	Cu +	1000	100	1800	18000 ohms	1000	1000	7700	7700 ohms	
	Fe +	1000	1000	10950	10950	1000	1000	4500	4500	
Main et pied mouillés :										
Eau alimentaire	après une première	Cu +	1000	1000	7000	7000	1000	1000	4300	4300
	immersion dans l'eau	Fe +	1000	1000	3900	3900	1000	1000	2200	2200
		Cu +	1000	1000	7900	7900	1000	1000	4800	4800
	immersion dans l'eau	Fe +	1000	1000	3500	3500	1000	1000	2350	2350
		après une troisième	Cu +					1000	1000	5000
	immersion dans l'eau	Fe +					1000	1000	2600	2600

Tous ces résultats sont assez incertains, les valeurs de *c* qui assurent l'équilibre du pont variant avec la pression de la main et du pied sur leurs supports, la durée du passage du courant et parfois sans cause apparente.

Constatations médicales.

Celles-ci sont généralement insuffisantes. Il y a cependant des exceptions et, sous le rapport médical, des examens par des spécialistes éminents ont été effectués qui

relatent, dans leurs rapports, toutes les lésions constatées et notamment les brûlures.

Dans les enquêtes sur les accidents par électrocution, il faut, non seulement qu'on procède à un examen extérieur approfondi, mais également à l'autopsie de la victime et qu'on s'entoure de tous les renseignements touchant les circonstances de l'accident. Dans plusieurs cas, les médecins attachés aux établissements industriels ont attribué la mort à des causes pathologiques, alors qu'une enquête approfondie, tant médicale que technique, a établi avec certitude que la mort devait être attribuée au passage du courant électrique.

En cas d'électrocution par courants de haute tension, nous relevons, dans la plupart des certificats médicaux, qu'il y est fait mention de brûlures aux points de contact, quelquefois même très graves. Il en est autrement dans les cas de courants à basse tension : la mort n'a donné lieu à aucune lésion apparente ; les brûlures font défaut par suite de la faible tension (généralement 220 volts en continu et 250 en alternatif) qui n'a donné lieu qu'à une faible intensité du courant électrique.

Quoi qu'il en soit, il est indispensable que des autopsies soient faites sur tous les électrocutés, que ces opérations soient confiées à des médecins légistes ayant une compétence spéciale au sujet de la mort par l'électricité et qu'elles aient lieu au plus tard dans les 24 heures, afin de pouvoir effectuer les constatations nécessaires sur le cœur.

Ainsi que nous l'exposait un des plus éminents spécialistes, pour peu que l'on tarde à faire une autopsie d'électrocuté, les phénomènes de sédimentation cadavérique opèrent leur effet habituel et le cœur gauche, comme le cœur droit lui-même peut être complètement vide de sang au moment où l'on pratique l'autopsie, alors même qu'il en était gorgé au moment de la mort.

Il faut aussi que le médecin qui pratique l'autopsie soit averti de l'intérêt qu'il y a à mesurer la quantité de sang qui existe réellement dans chacun des deux cœurs. S'il pratique l'autopsie suivant la méthode allemande actuelle, qui ouvre le crâne tout d'abord, au moment où l'on arrive au cœur, celui-ci est déjà artificiellement évacué de son sang.

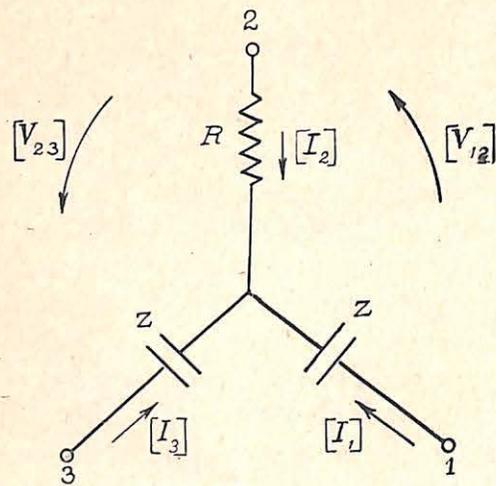
Isolement et capacité des installations.

En dehors du cas où la victime a été mise en court-circuit entre deux conducteurs de polarité différente en courant continu ou entre deux phases ou une phase et un fil neutre de retour en alternatif, un accident ne peut se produire que par un contact avec une pièce sous tension concurremment avec un défaut d'isolement, sauf encore dans le cas où le contact s'établit avec un conducteur ou une pièce quelconque sous tension dans un réseau présentant une capacité suffisante pour donner lieu, avec le courant alternatif, à une intensité dangereuse, nonobstant un isolement même parfait. Il importe conséquemment d'empêcher tout contact avec des pièces sous tension. Dans certains cas, on pourrait, pour diminuer le danger de la capacité des canalisations, intercaler en circuit, près des moteurs, des transformateurs qui n'occasionneraient que des pertes d'énergie très faibles ; mais avant tout il faut assurer la protection contre les contacts accidentels et ne pas se bercer de l'illusion que les courants à basse tension ne présentent pas de danger ; l'expérience n'a que trop prouvé le contraire.

Nous donnons ci-après une note de M. le professeur Omer De Bast au sujet du calcul de l'intensité du courant pouvant traverser le corps humain par un contact avec une phase quelconque d'un circuit triphasé d'un isolement parfait et possédant une certaine capacité :

Calcul de l'intensité efficace I du courant dans une résistance non-inductive R reliant à la terre un des conducteurs d'une ligne triphasée dont chaque conducteur présente, par rapport à la terre, une capacité C et qui fonctionne avec une tension composée efficace V de pulsation a.

1. — Par la méthode symbolique.



Avec les notations ci-contre on a :

$$\begin{aligned} [V_{12}] &= [I_1] Z - [I_2] R, \\ [V_{23}] &= [I_2] R - [I_3] Z, \\ [I_1] + [I_2] + [I_3] &= 0. \end{aligned}$$

En soustrayant la première équation de la deuxième et en remplaçant, dans le résultat, $[I_1] + [I_3]$ par sa valeur tirée de la troisième, il vient :

$$[I_2] = \frac{[V_{23}] - [V_{12}]}{2R + Z}$$

Posons $[V_{12}] = V$ et $[V_{23}] = V (\cos 120^\circ + j \sin 120^\circ)$

$$= V \left(-\frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2} \right)$$

Comme $Z = -j \frac{1}{aC}$, la dernière égalité devient

$$[I_2] = \frac{V \left(-\frac{3}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2} \right)}{2R - j \frac{1}{aC}}$$

$$= \frac{V \left(-\frac{3}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \left(2R + j \frac{1}{aC} \right)}{4R^2 + \frac{1}{a^2 C^2}}$$

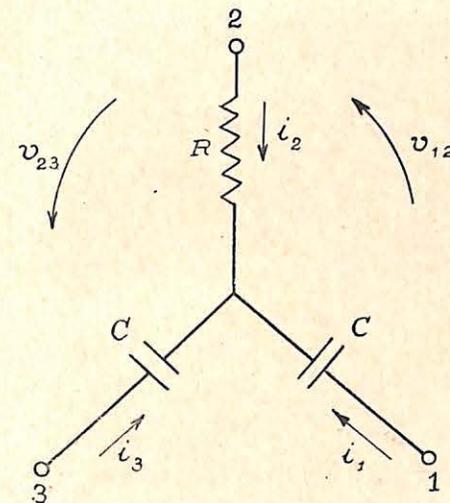
$$= \frac{\sqrt{3} V}{4R^2 + \frac{1}{a^2 C^2}} \left\{ - \left(\sqrt{3} R + \frac{1}{2aC} \right) + j \left(R - \frac{\sqrt{3}}{2aC} \right) \right\}$$

Il s'ensuit que

$$\begin{aligned} I &= \frac{\sqrt{3} V}{4R^2 + \frac{1}{a^2 C^2}} \sqrt{\left(-\sqrt{3} R - \frac{1}{2aC} \right)^2 + \left(R - \frac{\sqrt{3}}{2aC} \right)^2} \\ &= \frac{\sqrt{3} V}{\sqrt{4R^2 + \frac{1}{a^2 C^2}}} \end{aligned}$$

2. — Par la méthode graphique.

Avec les notations ci-contre, on a les équations caractéristiques



$$v_{12} = \frac{1}{C} \int i_1 dt - i_2 R,$$

$$v_{23} = i_2 R - \frac{1}{C} \int i_3 dt,$$

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0;$$

d'où l'on tire, comme plus haut,

$$v_{23} - v_{12} = 2i_2 R + \frac{1}{C} \int i_2 dt.$$

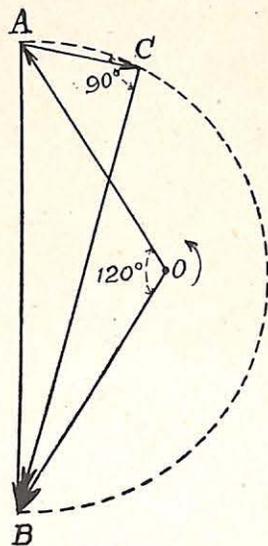
Ecrivons

$$v_{23} - v_{12} = u, \quad (1)$$

$$2i_2 R + \frac{1}{C} \int i_2 dt = u. \quad (2)$$

Soient OA et OB les vecteurs de v_{12} et v_{23} . Ils font entr'eux un angle de 120° et ont des longueurs égales à V.

D'après (1), la grandeur u est figurée par le recteur AB.



Les angles aigus du triangle isocèle AoB valant 30° , on a donc, pour sa valeur efficace

$$U = 2V \cos 30^\circ = \sqrt{3} V.$$

Les valeurs efficaces de $2 i_2 R$ et $\frac{1}{C} \int i_2 dt$ sont respectivement $2 IR$ et $\frac{I}{a C}$. D'autre

part, $\frac{1}{C} \int i_2 dt$ est en retard d'un quart de période sur $2 i_2 R$. Par suite, d'après (2),

les vecteurs AC et CB de $2 i_2 R$ et $\frac{1}{C} \int i_2 dt$ doivent former avec AB un triangle, tel que ACB, rectangle en C. Par application du théorème du carré de l'hypothénuse, on voit que

$$U = I \sqrt{4 R^2 + \frac{1}{a^2 C^2}} = \sqrt{3} V$$

Dès lors

$$I = \frac{\sqrt{3} V}{\sqrt{4 R^2 + \frac{1}{a^2 C^2}}}$$

APPLICATION

à une ligne aérienne de 1 kilomètre de longueur formée de conducteurs nus de $r = 0,3$ centimètre de rayon,

tendus à une hauteur moyenne $h = 600$ centimètres au-dessus du sol.

$$\text{Dans ce cas, } C = \frac{0,024 \cdot 10^{-6}}{\log. \frac{2h}{r}} = \frac{0,024 \cdot 10^{-6}}{\log. 4000} = \frac{0,024 \cdot 10^{-6}}{3,6}$$

$$= 6,7 \cdot 10^{-9} \text{ farads.}$$

Supposons

$$V = 6000 \text{ volts, } R = 1000 \text{ ohms, } A = 2 \pi \cdot 50 = 314.$$

On trouve

$$I = \frac{\sqrt{3} \cdot 6000}{\sqrt{4 \cdot 1000^2 + \frac{1}{314^2 \cdot 6,7^2 \cdot 10^{-18}}}}$$

ou, en remarquant que le premier terme sous le signe radical est négligeable devant le second,

$$I = \frac{\sqrt{3} \cdot 6000 \cdot 314 \cdot 6,7}{10^9} = 0,022 \text{ ampère,}$$

soit 22 milliampères.

Liège, juin 1917.