



**CANALISATIONS
SOUTERRAINES
EN ACIER**

SOCIÉTÉ TECHNIQUE ET COMMERCIALE
DES CANALISATIONS SOUTERRAINES EN TUBES D'ACIER

S. T. E. C. T. A.

6, RUE DARU - PARIS-VIII^E

*D*ans cette brochure
sont présentés les **Tubes en Acier** pour Canalisations
Souterraines d'Eau et de Gaz sans soudure ou soudés,
de tous diamètres et pour toutes pressions, vendus en
France et dans les Territoires d'Outre-Mer par la Société

S. T. E. C. T. A.

et fabriqués dans les usines :

D'ANZIN : DE LA SOCIÉTÉ D'ESCAUT & MEUSE

DE BESSÈGES : DE LA SOCIÉTÉ DES TUBES DE BESSÈGES

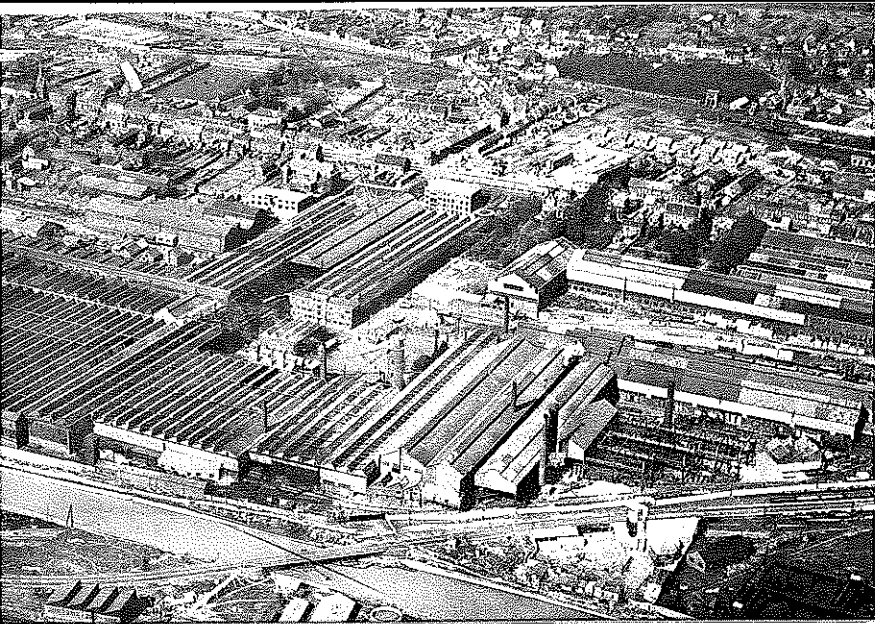
D'AULNOYE ET DECAZEVILLE : DE LOUVROIL-MONTBARD-AULNOYE

DE BOUS-SUR-SARRE : DE LA SOCIÉTÉ DES USINES A TUBES DE LA SARRE

SIÈGE SOCIAL : 6, RUE DARU -- PARIS (8^e)

TÉLÉPHONE : CARNOT 03-60 ET CARNOT 05-05

TÉLÉGRAMMES : PROTUBAC-PARIS-42

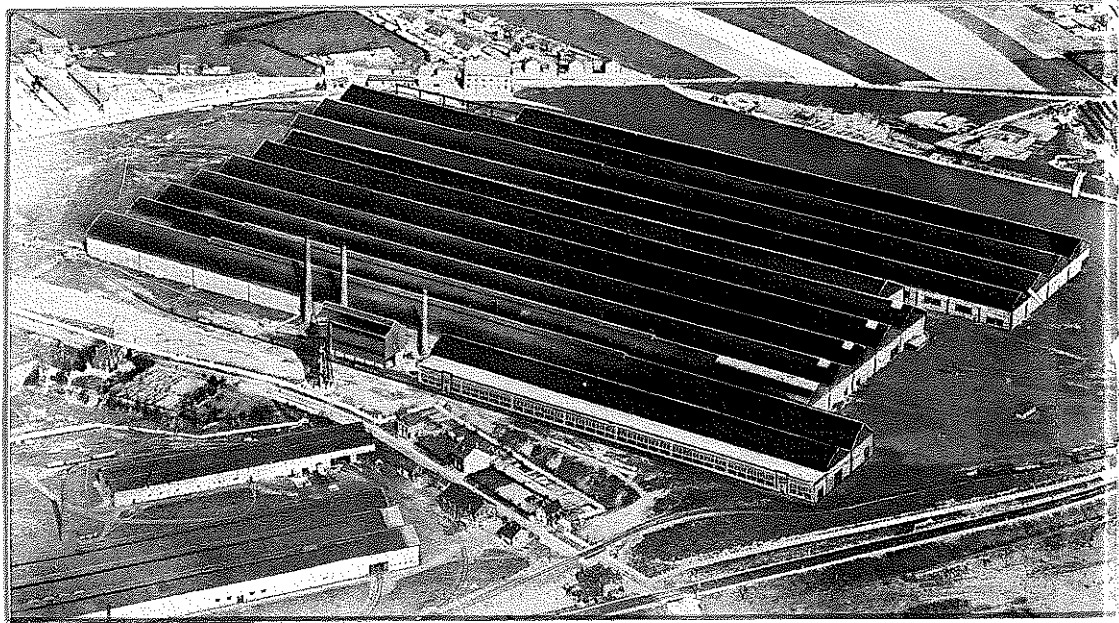


USINES D'ANZIN
DE LA
SOCIÉTÉ
D'ESCAUT ET MEUSE.

○

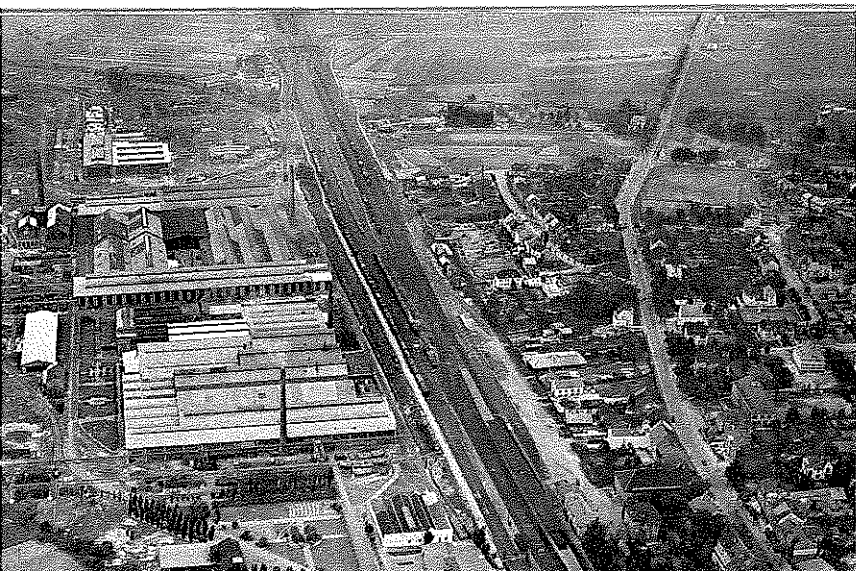
USINES D'AULNOYE
DE
VROIL-MONTBARD-
AULNOYE.

○



USINES DE BOUS-SUR-SARRE
DE LA SOCIÉTÉ
DES
USINES A TUBES
DE LA SARRE

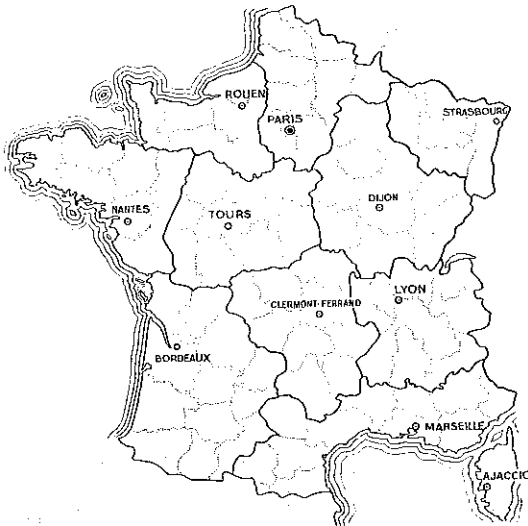
○



ORGANISATION DE LA SOCIÉTÉ " S. T. E. C. T. A. "

SERVICES COMMERCIAUX

AGENCES



BORDEAUX, 21, rue Esprit-des-Lois TÉL. 887-92
CLERMONT-FERRAND, 10, r. de l'Oratoire TÉL. 46-19
DIJON, 18, rue Gambetta TÉL. 47-19
LYON, 90, cours Vitton TÉL. LALANDE 02-14
MARSEILLE, 26, cours Pierre-Puget DRAGON 29-46
NANTES, St-Julien-de-Concelles (Loire-Inf.) TÉL. 37

PARIS, 13, rue George Sand (16^e) AUTEUIL 51-79
ROUEN, 51, rue Chasselèvre TÉL. R1. 29-32
STRASBOURG, 55, avenue des Vosges TÉL. 523-34
TOURS, 117, avenue de Grammont TÉL. 24-79
AJACCIO, 2, rue Lorenzo-Vero TÉL. 264

DÉLÉGATION COMMERCIALE POUR L'AFRIQUE DU NORD
ALGER, 5, rue Drouillet TÉL. 320-16

REPRÉSENTATIONS

EN A. O. F. - A. E. F. - TOGO - CAMEROUN - MADAGASCAR - INDOCHINE

SERVICES TECHNIQUES

Deux services de la société **S. T. E. C. T. A.** sont spécialement attachés à l'observation des Règles de l'Art en tout ce qui concerne la mise en œuvre des tubes en acier usagés de canalisations souterraines :

Le **"Technique"**, pour les études de canalisations qui lui sont demandées et l'instruction des Utilisateurs dans la mise en œuvre des tubes en acier, notamment pour leur montage et leur revêtement,

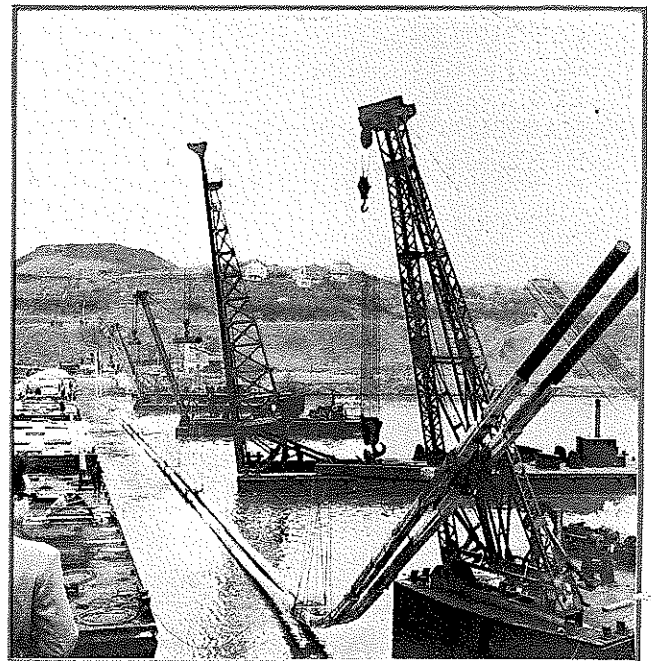
L' **"Anticorrosion"** qui s'intéresse à toutes les questions que pose la corrosion par le sol et étudie les projets d'anticorrosion correspondants.



b

α

c



VUES CARACTÉRISTIQUES DE CHANTIERS DE POSE DE CANALISATIONS EN ACIER

α

COURBES RÉALISÉES A PARTIR D'ÉLÉMENTS DROITS SOLIDES

b et c

OPÉRATIONS DE DESCENTE D'UN TRONÇON DOUBLE DE 400 MÈTRES DE LONGUEUR
POUR UNE TRAVERSÉE SOUS-FLUVIALE.

TUBES EN ACIER POUR CANALISATIONS SOUTERRAINES

Une canalisation souterraine d'eau ou de gaz doit en principe être résistante, étanche, durable : résistante aux pressions dynamiques intérieures et aux pressions et vibrations du sol; étanche pour le fluide transporté coûteux ou dangereux; durable pour lui donner un long amortissement.

L'acier, par sa ténacité, son élasticité et sa grande soudabilité à lui-même, évite tous dangers d'éclatement et de fuites aux joints. Grâce à leur revêtement et, le cas échéant, à la Protection Cathodique, les canalisations en acier peuvent être mises à l'abri de la corrosion.

SOLIDITÉ

Les canalisations souterraines en acier sont pratiquement incassables : elles résistent aux chocs, aux coups de bélier, aux gelées, aux trépidations et vibrations ainsi qu'aux mouvements de terrain si ceux-ci ne sont pas d'amplitude exceptionnelle.

Elles doivent cette qualité :

- à l'acier dont elles sont faites, dont l'allongement à la rupture dépasse 20 % et qui fortement corroyé par le laminage est de bonne texture;
- aux épreuves auxquelles les tubes sont soumis en usine et sur chantier;
- à la soudure autogène qui permet de réaliser des joints dont la résistance égale celle des tubes;
- à la possibilité d'exécuter, en dehors de la " Série Normale ", des tubes à épaisseurs de paroi plus fortes pour répondre aux pressions de service les plus élevées.

ÉTANCHÉITÉ

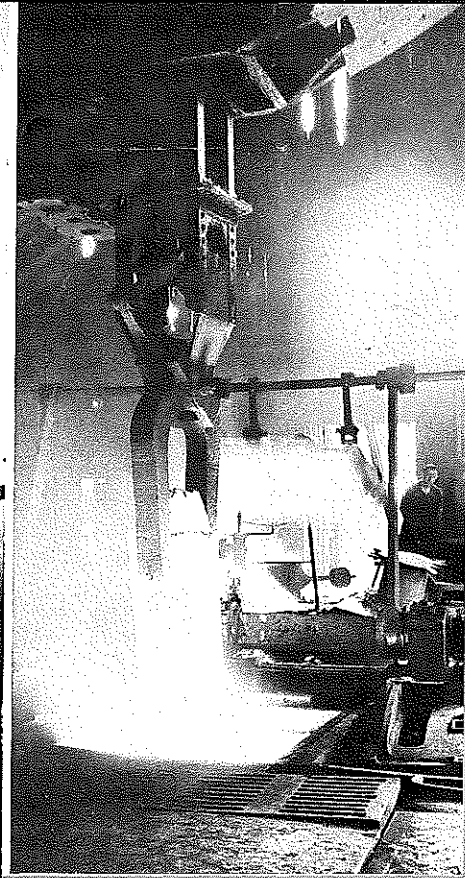
Les canalisations souterraines en acier sont là inégalables :

- par leur métal : non poreux, incassable;
- par leur parfaite " continuité " : l'interfusion des extrémités des tubes au moyen de la soudure autogène équivaut à la suppression pure et simple des joints (canalisations " Monobloc ").

Solidité + Étanchéité = SÉCURITÉ

Les photos ci-contre le confirment éloquentement. Elles montrent : les unes, les déformations extraordinaires, aussi capricieuses qu'imprévisibles, de tubes enterrés, causées au cours de la dernière guerre mondiale par l'explosion de bombes aériennes; l'autre, l'état dans lequel s'est trouvé mis un pipe-line de gaz naturel du Sud-Ouest de la France du fait de la coupure par les eaux de la Garonne,

EFFETS D'EXPLOSION DE BOMBES SUR DES CANALISATIONS EN ACIER ENTERRÉES. DÉFORMÉES D'UNE MANIÈRE EXTRAORDINAIRE, MAIS NI ROMPUES NI FISSURÉES. LES JOINTS SOUDÉS AYANT RÉSISTÉ, LA DISTRIBUTION DU FLUIDE NE FUT PAS TOTALEMENT INTERROMPUE.



ÉLABORATION DES LINGOTS D'ACIER.

a

COULÉE D'ACIER
EN LINGOTIÈRES

b

EXTRACTION
D'UN LINGOT
DES FOURS
DE RÉCHAUFFAGE.

a

b

lors des inondations de février 1952, de la route dans l'accotement de laquelle il était posé.

Bien d'autres cas analogues ont, d'ailleurs, été observés avec ce caractère commun que les conduites étant demeurées étanches, leur service n'a pas été interrompu.

DURÉE

Des techniques pleinement confirmées¹ permettent de s'opposer à la corrosion :

- de la paroi intérieure : en "corrigeant" le fluide canalisé;
- de la paroi extérieure par : un revêtement au principal, et, le cas échéant, l'adjuvant de la "Protection Cathodique".

==== CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES ====

Depuis 15 ans et plus l'**acier doux de qualité soudable** est seul employé pour la fabrication des tubes en acier pour canalisations souterraines, celles-ci étant toutes réalisées par soudage auto-gène des joints (canalisations "Monobloc").

Les tubes sont obtenus :

- soit par laminage à chaud sans soudure jusqu'au diamètre 400 mm, et par expansion au-delà de 400 mm jusqu'à 800 mm;
- soit à partir de tôles mises en forme à la machine et soudées longitudinalement à l'arc électrique du diamètre 350 mm jusqu'aux plus gros diamètres.

1. Voir plus loin, pages 29 à 40.

DIMENSIONS

Les tubes sans soudure sont fournis en longueurs courantes de fabrication : soit de 6 m à 7,50 m, soit de 7,50 m à 16 m avec dans l'un et l'autre cas, la faculté pour le fournisseur de livrer le dixième du métrage total en longueurs courtes supérieures à 4 mètres.

Leurs épaisseurs et poids métriques théoriques sont donnés au tableau ci-après. (Voir page 9.)

Les gros tubes soudés électriquement sont livrés en longueurs voisines de 8 mètres. Cette série de tubes n'est pas normalisée, les tubes étant en quelque sorte fabriqués "à la demande" aux diamètres et épaisseurs optima pour les débits et pressions imposés.

TOLÉRANCES DE FABRICATION

Tubes sans soudure. — Sur l'épaisseur théorique des parois (tube nu) :

- a) dans une même section droite du tube :
moyenne des mesures : $\pm 15\%$ de l'épaisseur théorique;
- b) en un point du tube :
mesure au point : -20% de l'épaisseur théorique.

Sur le diamètre extérieur théorique (tube nu) :

- jusqu'à 203 mm : $\pm 1\%$;
- au-delà de 203 mm : $\pm 1,5\%$

Sur le poids théorique (tube avec revêtement) :

- de -10% à $+15\%$ pour un tube;
- de $-7,50\%$ à $+10\%$ pour un chargement.

Tubes soudés. — Les tolérances appliquées à ces tubes sont fonction de celles des tôles utilisées.

ÉPREUVE HYDRAULIQUE EN USINE

Tubes sans soudure (pressions habituelles d'épreuve) :

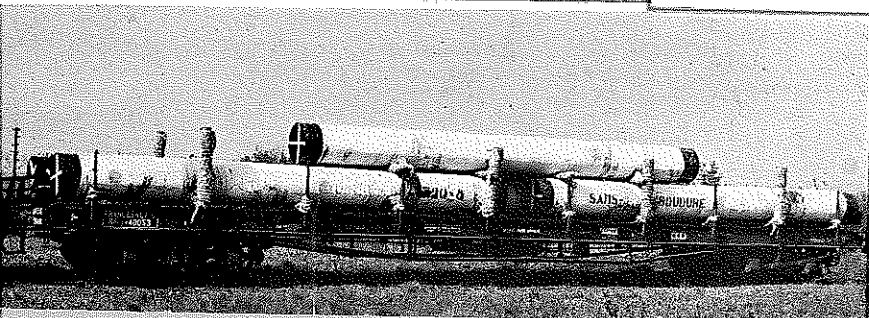
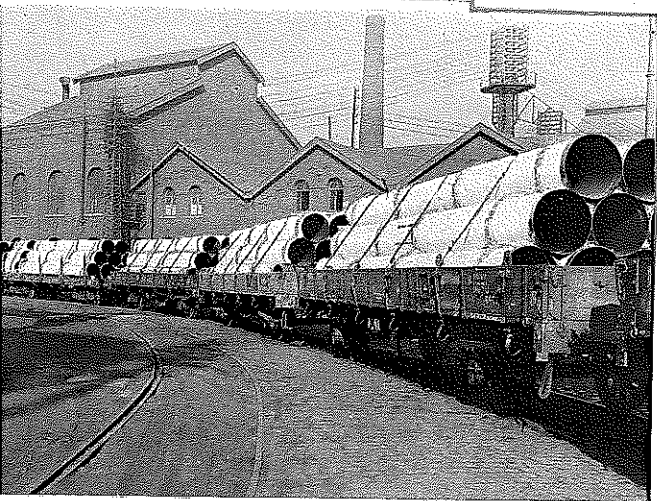
- 60 atmosphères entre 40 et 150 mm de diam. intérieur;
- 50 atmosphères entre 175 et 275 mm de diam. intérieur;
- 40 atmosphères entre 300 et 400 mm de diam. intérieur.

Tubes soudés. — Ils sont éprouvés à la pression p donnée par la formule $p = k e/d$, le coefficient k dépendant de la tolérance d'épaisseur et du taux de travail admis pour le métal.

PROTECTION

Intérieurement tubes et raccords sont livrés nus pour le GAZ et carbolqués pour l'EAU.

Extérieurement, tous les tubes et raccords en acier pour canalisations souterraines sont munis d'un revêtement protecteur. (Voir pages 20 et 21.)

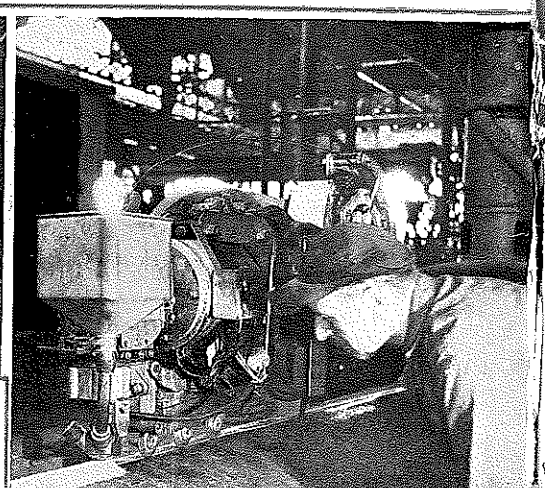
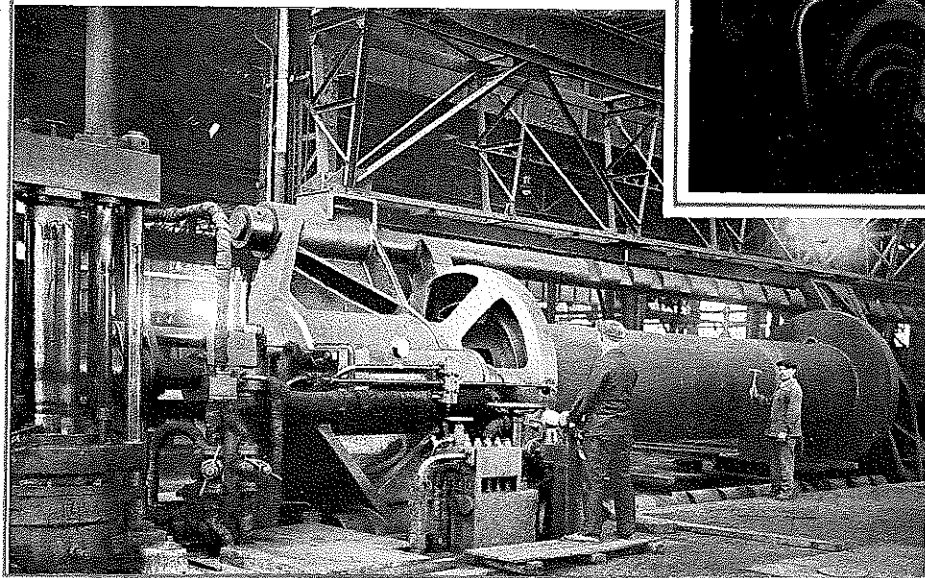
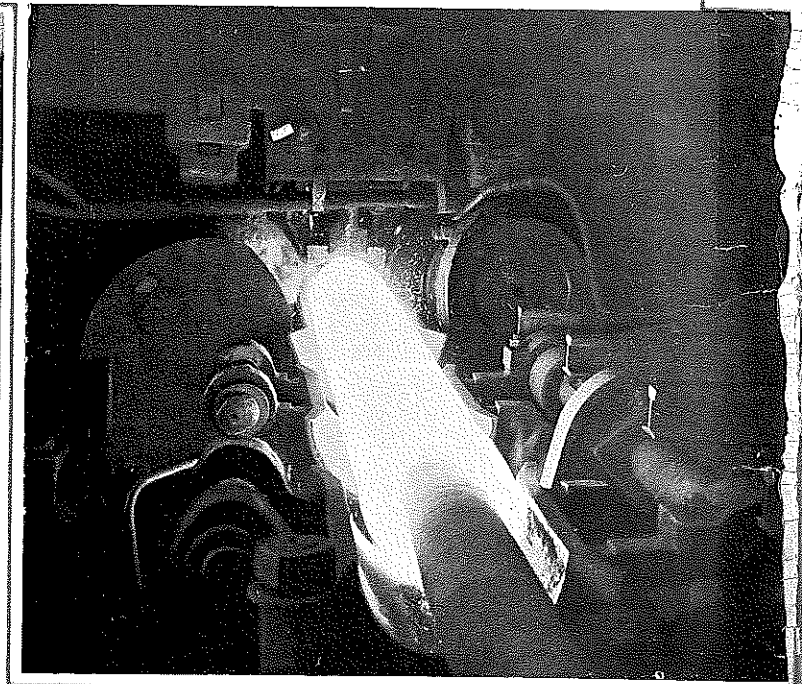
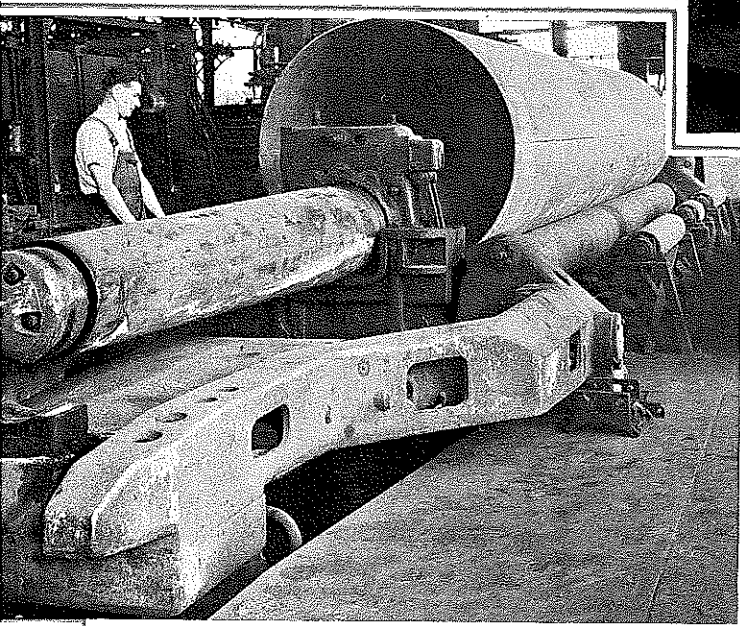
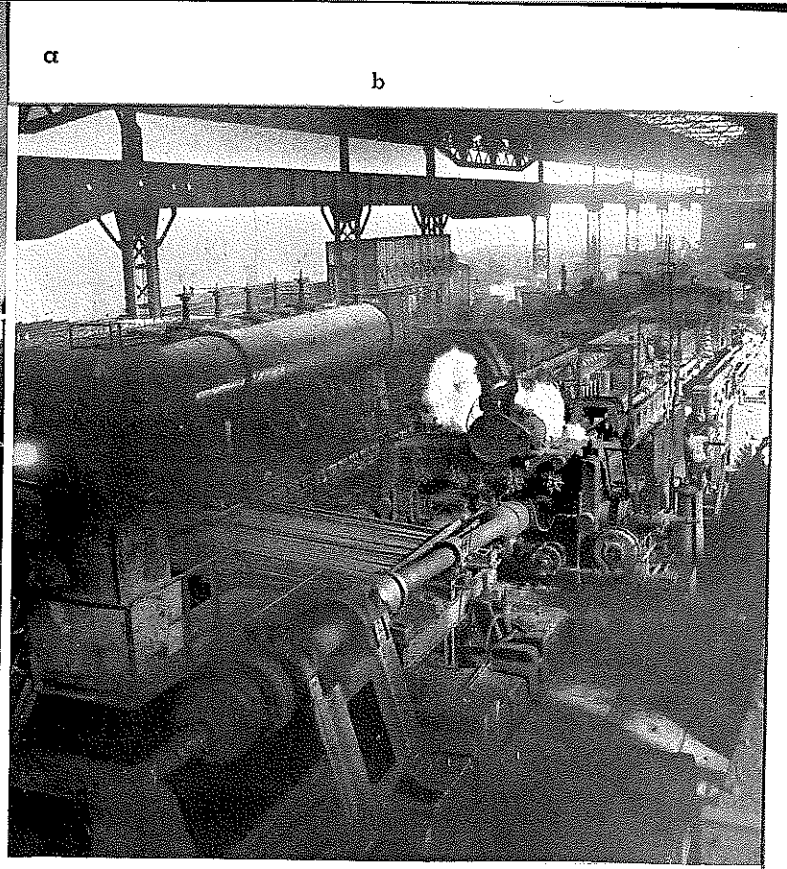
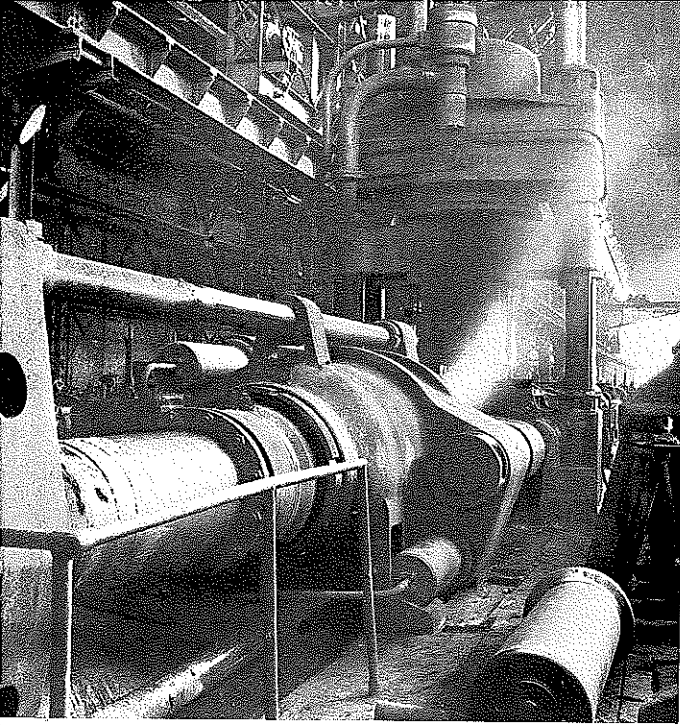


TRANSPORT PAR FER.

a
DETAIL DU CONDITIONNEMENT.

b
TUBES SUR TOMBREAUX.

c
TUBES SUR PLATEFORMES.



α

b

c

f

e

DIMENSIONS ET POIDS DES TUBES EN ACIER pour Canalisations Souterraines d'Eau et Gaz

DIAMÈTRE		ÉPAISSEUR de la paroi (théorique)	POIDS MÉTRIQUES			
Nominal et appellation courante	Extérieur (théorique)		des tubes nus (théorique)	des tubes protégés (purement indicatif)		
	mm	mm	mm	Revêtement A kg	Revêtement B kg	Revêtement C kg

DIMENSIONS NORMALISÉES

DES TUBES SANS SOUDURE

Branchements

3/4" 20 × 27	26,75	2,75	1,63	2	2,35
1" 26 × 34	33,5	3,25	2,42	2,80	3,30
1" 1/4 33 × 42	42,25	3,25	3,13	3,65	4,25
1" 1/2 40 × 49	48,25	3,5	3,86	4,45	5,10
2" 50 × 60	60	3,75	5,20	5,90	6,75

Canalisations

40	47,5	3	3,29	4,55
50	57	3	4,00	5,50
60	66	3	4,66	6,40
80	89	3,25	6,87	9,10
100	108	3,75	9,64	12,25
125	133	4	12,73	15,85
150	159	4,5	17,15	20,90
175	185	5	22,20	26,55
200	211	6	30,33	35,30
250	267	7	44,88	51,20
300	318	7,75	59,30	66,80
350	368	8	71,03	79,70

SPÉCIFICATIONS COURANTES

DES TUBES SOUDÉS

350	356	5	43,00	47	50,5	51,5
400	406	5	49,45	54	58	59
500	508	5	62,03	67,5	73	74
600	609	6	89,23	96	102,5	103,5
700	711	6,5	112,93	120,5	128	129,5
800	813	7	139,14	148	156,5	158,5
900	914	8	178,75	188,5	198,5	200,5
1 000	1 016	9	223,51	234,5	245	247,5

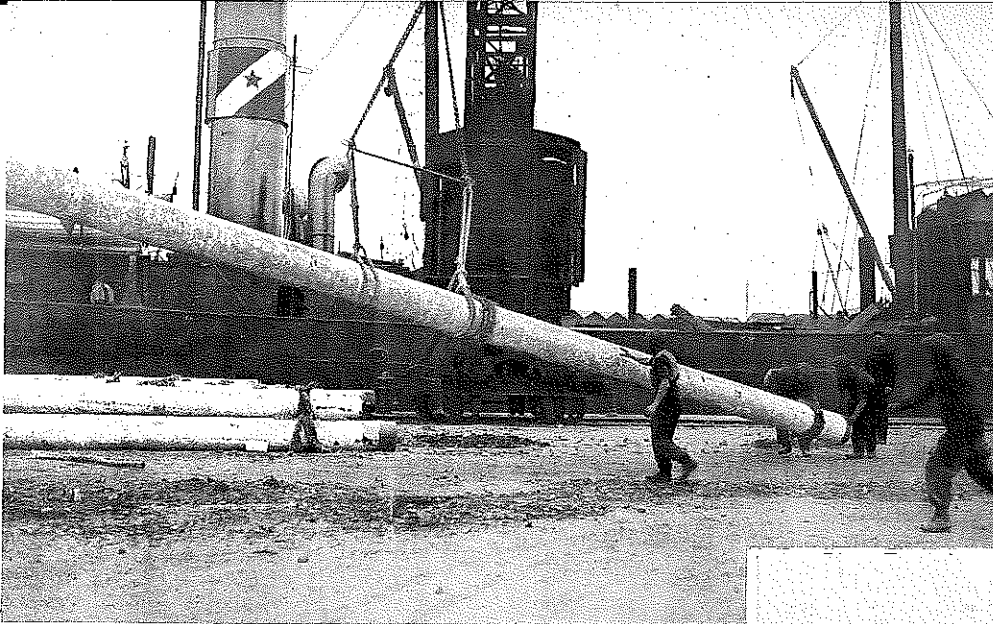
Les épaisseurs figurant au tableau ci-dessus sont standard. Mais elles peuvent être plus importantes : c'est ainsi que le pipe-line de 225 mm Peyrouzet-Boussens, qui fonctionne à 100 Hpz, comporte deux épaisseurs, 12 et 14 mm.

FABRICATION DES TUBES SANS SOUDURE.

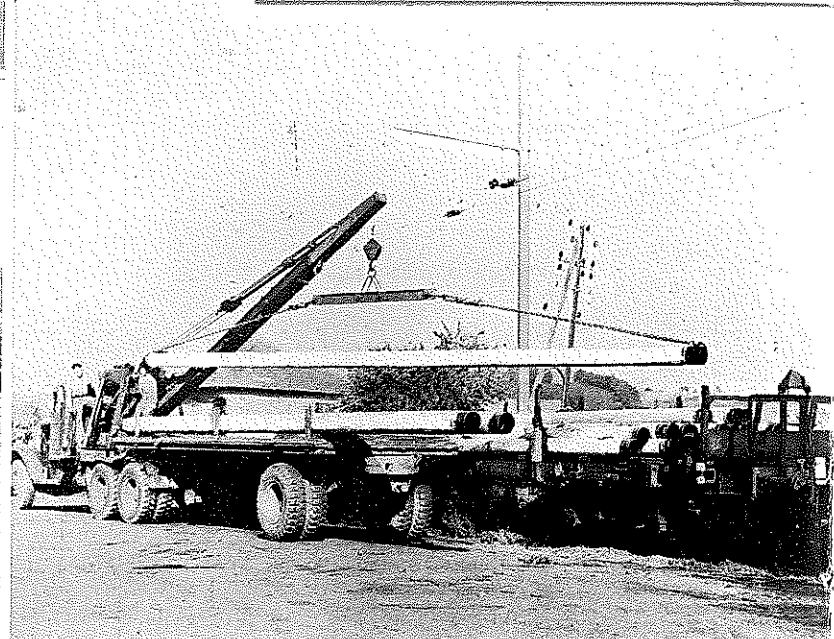
- a
- LAMINOIR DIT "A PAS DE PÉLERIN".
- b
- LAMINOIR "STIEFEL".
- c
- LAMINOIR PERCEUR.

FABRICATION DES TUBES SOUDÉS.

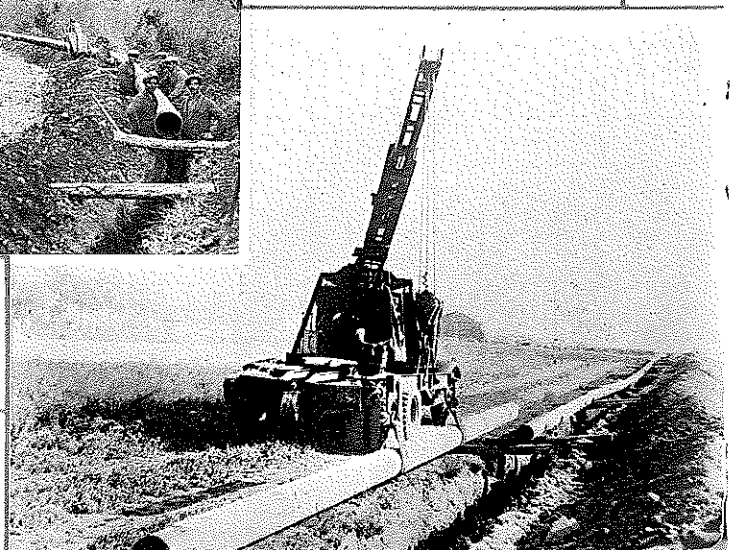
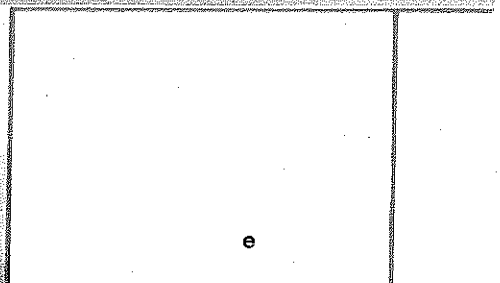
- d
- RONDISAGE DES TOLES.
- e
- SOUDAGE PAR LE PROCÉDÉ "UNION MELT".
- f
- ÉPREUVE HYDRAULIQUE EN USINE.



TRANSPORT DES TUBES.
 α
 α
 DÉBARQUEMENT.
 b
 TRANSBORDEMENT
 DE WAGON A CAMION.
 b



c
 AMENÉE
 DE TUBES
 A
 PIED D'ŒUVRE
 LE LONG DU
 TRACÉ.
 c
 SUR REMORQUE.
 d
 EN TERRAIN
 DE MONTAGNE
 D'ACCÈS
 DIFFICILE.
 e
 AU MOYEN
 D'ENGINS
 DE LEVAGE
 TOUS TERRAINS.



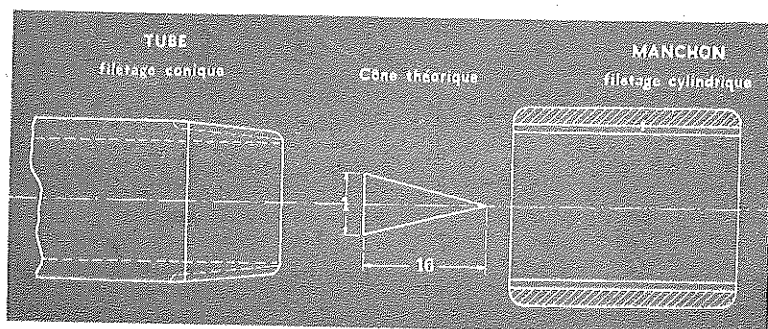
SYSTEMES D'ASSEMBLAGE

Les tubes en acier possédant l'élasticité suffisante pour se prêter aux efforts divers auxquels les canalisations souterraines sont exposées en service : vibrations, trépidations, mouvements de terrain, etc., il n'est que très exceptionnellement nécessaire de les munir de joints souples à bague de caoutchouc, l'emploi de ceux-ci étant limité aux canalisations posées en terrain particulièrement instable (districts miniers), ou au passage d'un milieu stable à un milieu moins stable (ponts).

Ils s'accommodent au contraire très bien des joints rigides — vissés ou soudés — qui, ne comportant pas de garniture jointive, en éliminent les inconvénients : déboîtements, fuites et leurs conséquences. Le contact intime métal-métal et le soudage autogène assurent à ces joints une solidité et une étanchéité définitives.

JOINT VISSÉ

Ce mode d'assemblage n'est pratiquement utilisé que pour les tubes de branchements domiciliaires. Il comporte un manchon extérieur taraudé dans lequel viennent se visser les extrémités filetées au pas du gaz des tubes. La conicité du filetage entraîne le coincement des tubes dans le manchon en fin de serrage. L'ensemble du joint est compact. La saillie du manchon sur le tube n'est que de quelques millimètres; en conséquence sa protection par revêtement ne présente aucune difficulté.



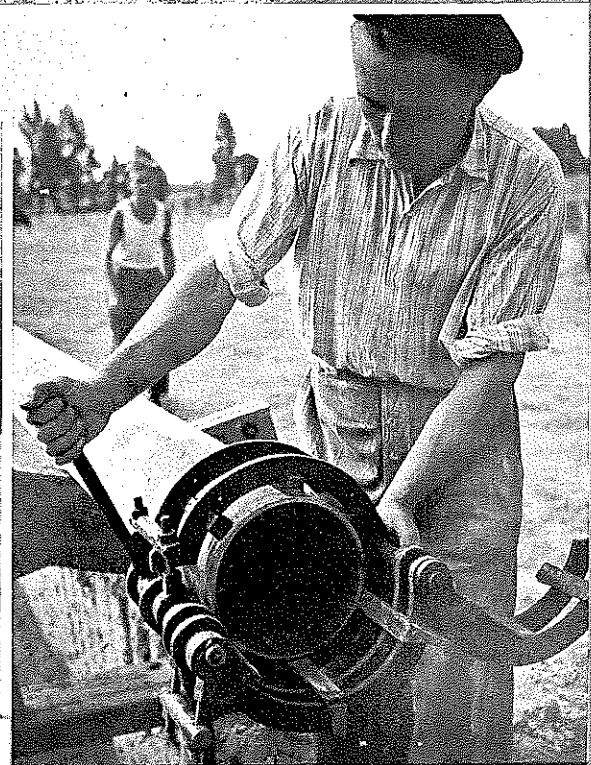
JOINT SOUDÉ

L'assemblage des tubes de canalisations par soudage remonte à plus de 30 ans. Pratiqué à l'origine sur les canalisations de gaz, ses avantages sont apparus

tels que depuis 20 ans il s'est rapidement étendu aux distributions d'eau potable auxquelles il confère une sécurité inégalable contre les contaminations par le sol. C'est aujourd'hui, pour 99 % au moins, le joint des canalisations souterraines en acier.

Les joints soudés possèdent une capacité élevée de résistance aux efforts, grâce à laquelle est devenue possible la pratique qui consiste à descendre en tranchée de longs tronçons préalablement assemblés au-dessus du sol sur appuis, c'est-à-dire dans les meilleures conditions d'exécution et de contrôle. De plus, conséquence intéressante au point de vue prix de revient, le travail à fond de fouille étant supprimé, la largeur de la tranchée peut être réduite à celle strictement nécessaire au passage de la conduite.

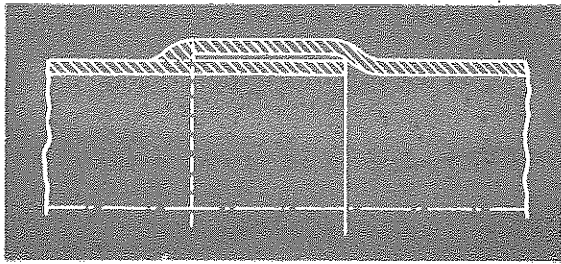
Le soudage est fait soit à l'**arc électrique**, soit au **chalumeau oxyacétylénique**. L'exécution des joints soudés requiert évidemment des praticiens éprouvés pourvus notamment d'un certificat de capacité délivré par l'Institut de Soudure Autogène de Paris ou par tout autre organisme équivalent.



ASSEMBLAGE DE TUBES EN ACIER PAR SOUDAGE A L'AUTOGENE.

a
 AU CHALUMEAU OXYACETYLENIQUE.
b
 A L'ARC ELECTRIQUE ("CLAMP").

c
 A L'ARC ELECTRIQUE ("SUPPORTS A GALETS").
d
 VUE D'UN "CLAMP" OUVERT.



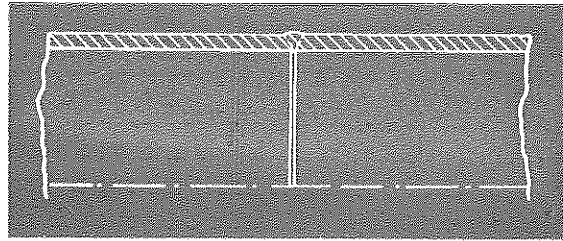
Slip-Joint ou "Joint S"

Dans ce système d'assemblage **utilisé sur tous les diamètres**, une extrémité du tube forme un emboîtement cylindrique dans lequel vient se loger à fond l'extrémité lisse du tube suivant. Cet emboîtement assure le centrage automatique des tubes et favorise la soudure "à clin" qui a pour elle l'expérience de plusieurs millions de joints.

Soudure bout à bout

Ce mode de soudure se pratique surtout sur les tubes lisses de diamètres supérieurs à 150 mm. Les extrémités des tubes sont alors calibrées et chanfreinées et leur soudage bout à bout nécessite l'un des deux dispositifs suivants :

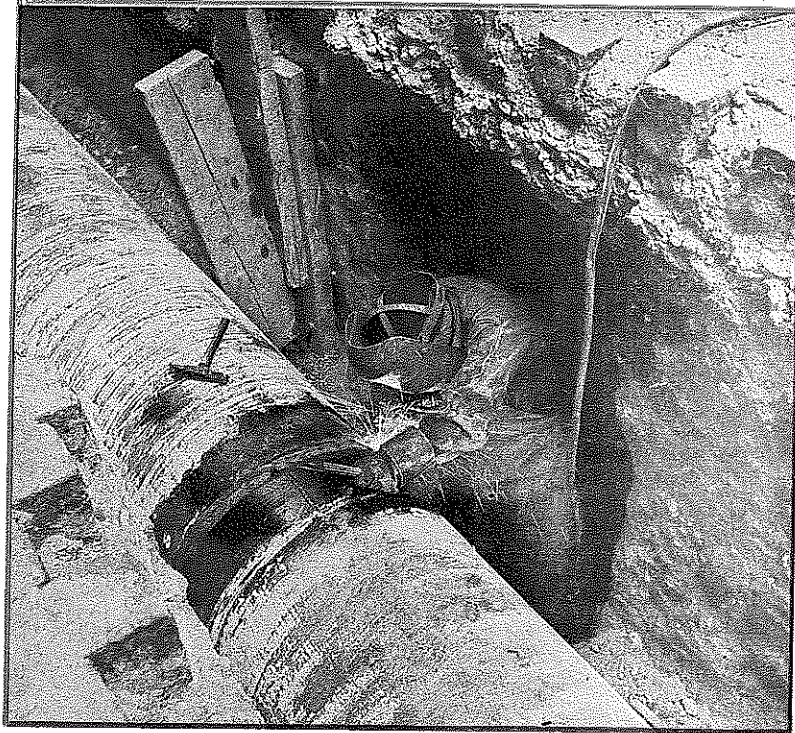
- généralement le "clamp" pour soudage "en position", sorte de mâchoires à claire-voies centrant et maintenant solidement les extrémités des tubes pendant l'opération;
- accessoirement des supports à galets pour soudage "en rotation".



JOINT "NORMAL C"

Nous ne citerons que pour mémoire le joint "normal C" à la corde et au plomb matés qui n'est plus employé que pour de rares remaniements ou menues extensions de réseaux exécutés naguère avec ce type de joint aujourd'hui complètement périmé.

SOUDEGE A FOND
DE FOUILLE
DE TUBES EN ACIER
DE GROS DIAMÈTRE.



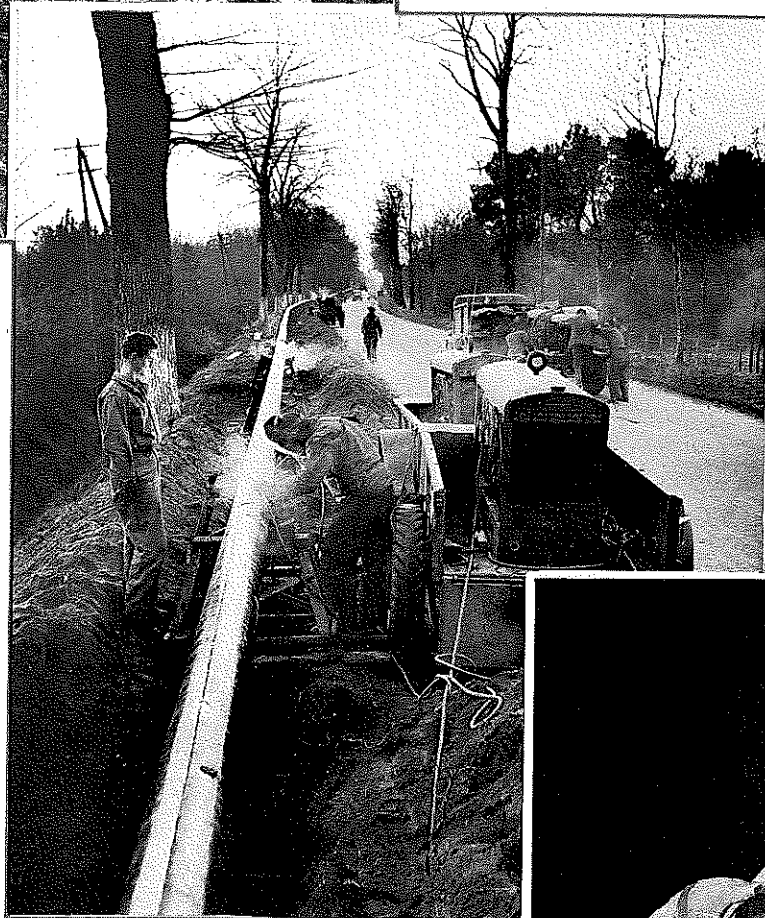


VUES DE CHANTIERS DE MONTAGE
DE CANALISATIONS SOUTERRAINES
EN ACIER.

a
SOUDAGE PAR ÉQUIPE DE DEUX OUVRIERS.

b
POSTE DE SOUDURE ÉLECTRIQUE.

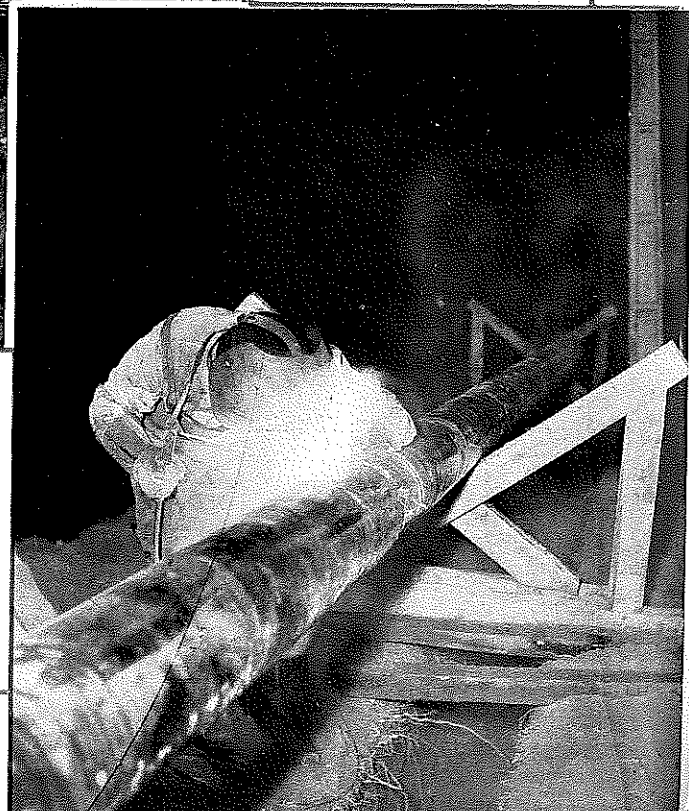
c
SOUDURE A L'ARC LA NUIT.

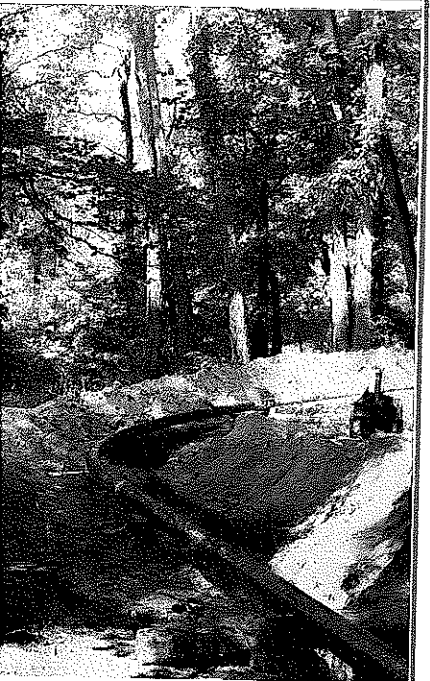
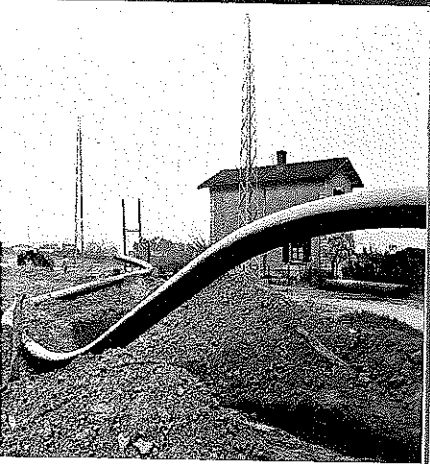
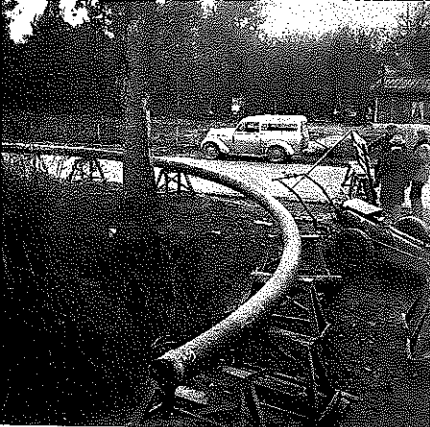


a

b

c





α

RACCORDS

Le jeu des pièces de raccord en acier fabriquées en usine est extrêmement réduit. En effet :

- la flexibilité des canalisations soudées de petits et de moyens diamètres leur permet de suivre en souplesse la plupart des sinuosités du tracé, en plan et profil;
- il est possible pour le surplus de cintrer les tubes sur chantier¹ pour obtenir des courbes de moyens et grands rayons (la cintruse permet d'obtenir des courbes de **rayon supérieur à 5 mètres** à partir de tubes nus jusqu'au diamètre 300);
- il est commode et toujours plus économique de façonner, sur le chantier même et à la demande, les amorces des dérivations par simple piquage sur la canalisation d'éléments tubulaires au moyen des chalumeaux coupeur et soudeur qui permettent toutes les opérations de coupe, perçage et soudage nécessaires.

β

COURBES VALLOUREC

Les "Courbes Vallourec" faites pour être soudées aux tubes sans soudure standard sont en **acier doux**, sans soudure, et leurs caractéristiques sont les mêmes que celles de ces tubes. Utilisées pour réaliser des coudes de court rayon elles sont livrées soit simples (90°), soit doubles (180°), en cinq rayons de cintrage différents allant du diamètre de la courbe à deux fois et demi celui-ci, et dans les diamètres extérieurs de 28 à 406 mm. Les courbes Vallourec existent en stock chez les négociants en tubes.

COUDES PAR DEMI-TORES EMBOUTIS

Ces coudes sont obtenus par soudure longitudinale à l'autogène de deux demi-coquilles symétriques en tôle d'acier emboutie.

- Ils sont couramment exécutés dans les diamètres de 350 à 1.000 mm.
- β Ils sont emboîtants, c'est-à-dire que leur diamètre intérieur est légèrement supérieur au diamètre extérieur des tubes qu'ils sont destinés à assembler. Leur épaisseur est supérieure à celle des tuyaux droits, de sorte que le coude devient un point fort de la canalisation au lieu d'en être un point faible.

Ils ne sont fabriqués qu'en une seule ouverture d'angle, celle de 45°; les coudes d'angle intérieur sont obtenus par **coupe transversale d'angle convenable**, du coude; ceux d'angle supérieur à 45° par soudage bout à bout (passes intérieure et extérieure) d'un coude à 45° et de la coupe complémentaire nécessaire.

1. Le cintrage par plissage (accordéon) doit être proscrit, les plis pouvant devenir des foyers de corrosion (aération différentielle).

COURBES RÉALISÉES SUR CHANTIERS A PARTIR D'ÉLÉMENTS DROITS.

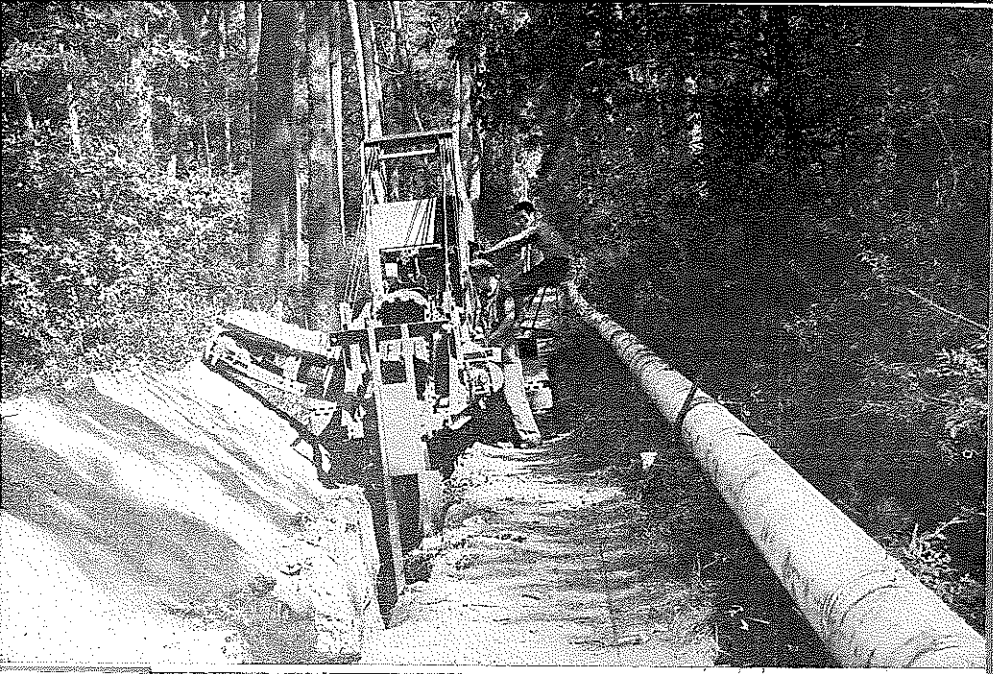
α
A LA CINTRUSE.
(tubes nus)

β
POUR UN RACCORDEMENT
SOUS UN PASSAGE A NIVEAU

γ
PAR DÉFORMATION
ÉLASTIQUE
(tubes revêtus)

δ
COUDE PAR DEMI-TORES EMBOUTIS SUR TUBES DE 800 mm.

δ



a

α

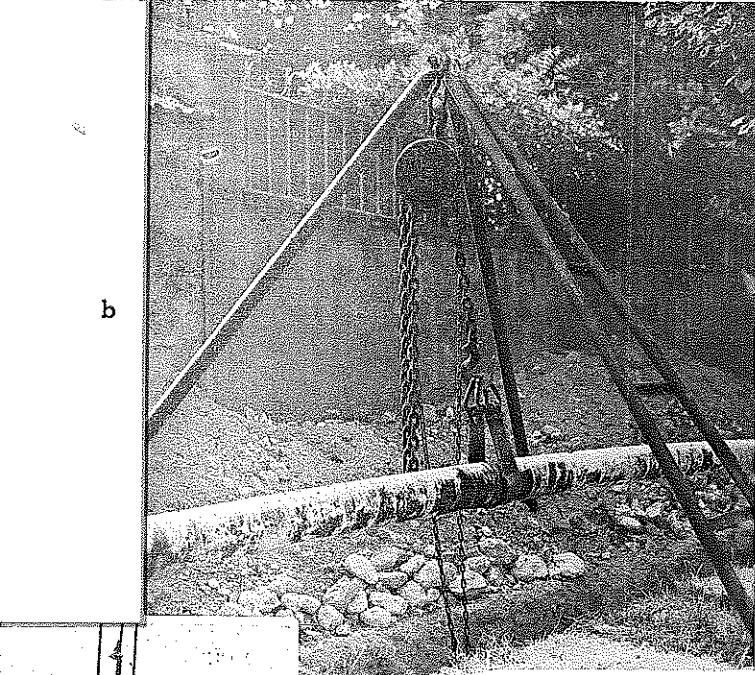
FONÇAGE
D'UNE TRANCHEE
A L'EXCAVATRICE.

b c d e

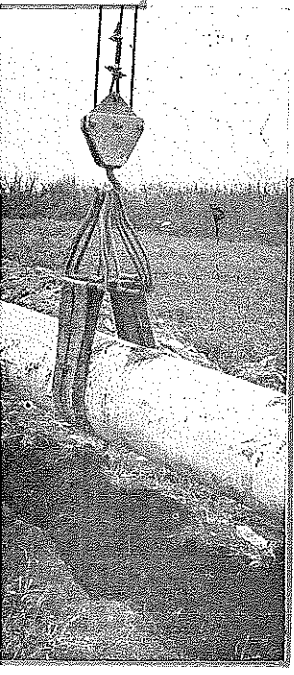
DESCENTE EN FOUILLE
DE CANALISATIONS
EN ACIER ÉPROUVÉES.

LES OPÉRATIONS
DE LEVAGE ET DE DESCENTE
SE FONT A L'AIDE DE SANGLES
EMBRASSANT LARGEMENT
LES TUBES.

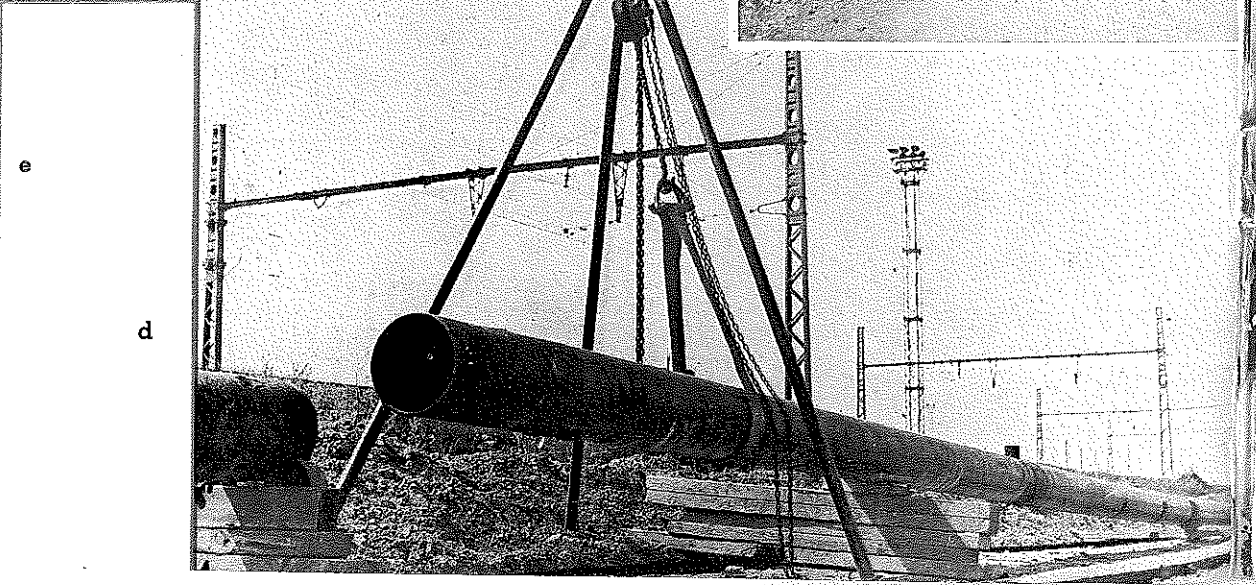
c



b

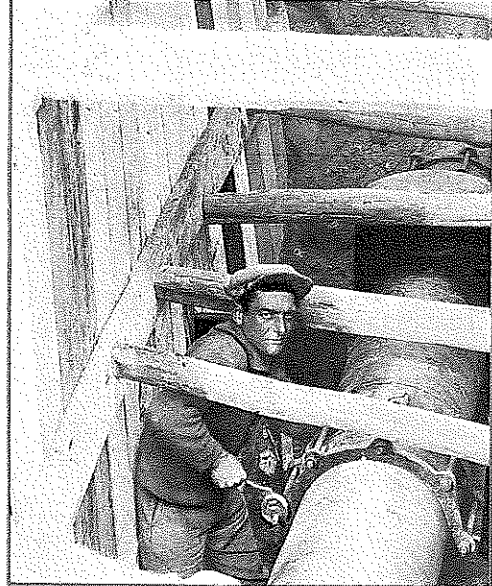


e



d

POSE EN TRANCÉE D'UN MANCHON STANDARD



MANCHON STANDARD

L'emploi du manchon Standard à brides et à bagues de caoutchouc est réservé aux cas (terrains très instables ou sujets à affaissements, terrains miniers, régions exposées à de fortes variations de température, traversées de ponts, etc...) où il est nécessaire de donner aux canalisations une latitude de mouvement supérieure à celle qu'elles tiennent de leur élasticité propre. Sur une canalisation soudée le manchon Standard joue le rôle d'organe de sécurité. Sa longueur tolère un certain déplacement longitudinal des tubes assemblés qui permet à la canalisation de suivre "sans trop tirer" les mouvements du sol.

MANCHON PERFLEX

Les robinets-vannes intercalés dans les conduites et plus particulièrement dans celles de gros diamètres sont exposés, du fait de leur assemblage rigide à brides plates boulonnées, à des efforts qui peuvent les rompre ou fausser leur mécanisme interne d'obturation.

De tels assemblages, en effet, transmettent aux vannes les efforts que subissent les conduites sous l'action des tassements du sol, des mouvements du terrain, des variations de température.

Le manchon Perflex apporte l'élément de souplesse indispensable à la liaison des robinets-vannes avec les conduites. Il se caractérise par la combinaison d'un assemblage rigide à bride plate boulonnée se fixant sur la vanne, et d'un assemblage souple à bride creuse et bague de caoutchouc du type "Standard" se fixant sur l'extrémité de la conduite.

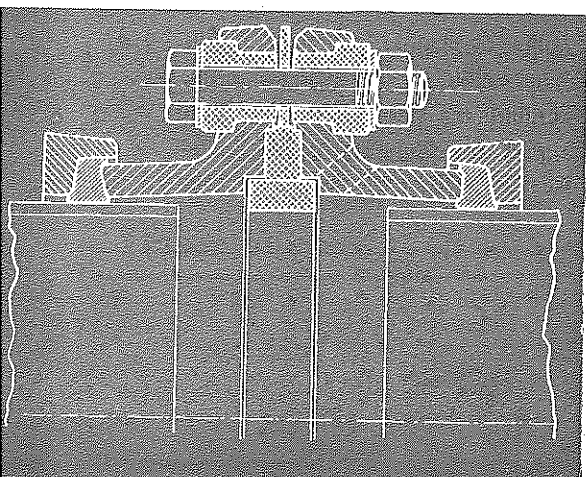
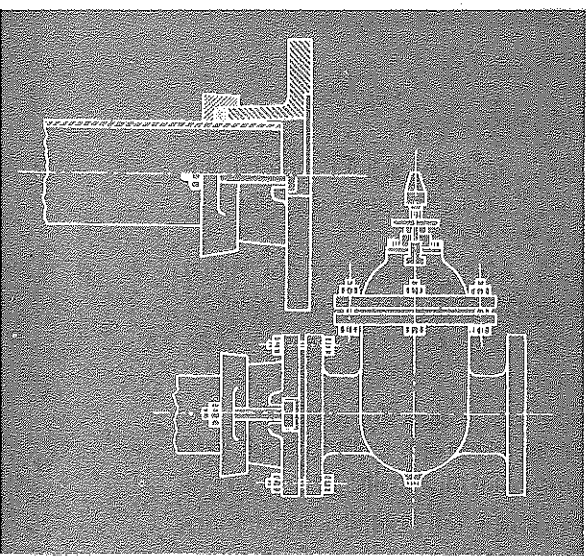
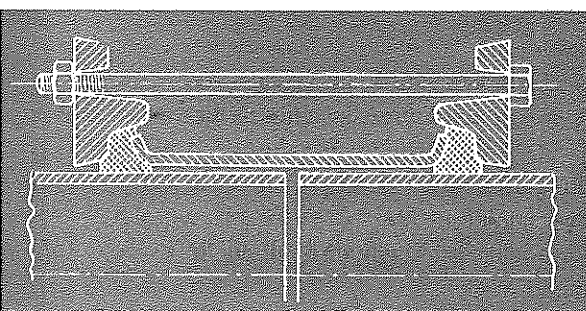
En outre :

- le manchon Perflex simplifie le démontage occasionnel de la vanne : après desserrage des boulons il suffit de le faire coulisser sur le tube, pour pouvoir soulever la vanne ainsi libérée;
- deux manchons Perflex accouplés réalisent un manchon de sectionnement souple, analogue au manchon Standard.

MANCHON ISOFLEX

Cet assemblage permet de pratiquer des coupures électriques sur les conduites. C'est une variante du manchon Perflex dans laquelle l'isolement électrique entre brides est assuré par une bague épaisse de caoutchouc semi-encastree et entre boulons et brides par des garnitures diélectriques.

Il n'est employé que sur les conduites de moyens diamètres.

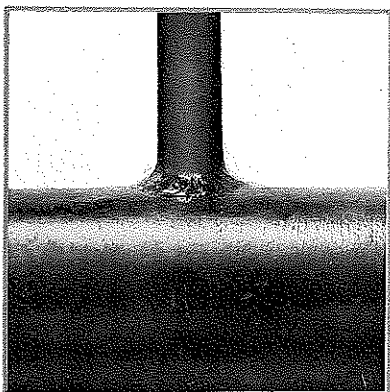


PRISES DE BRANCHEMENTS

Les branchements sont des tuyauteries de petits diamètres, en majeure partie souterraines qui, raccordées aux conduites de distribution amènent le fluide jusqu'aux canalisations intérieures des immeubles.

Tout branchement devra donc être fixé par une de ses extrémités à la canalisation principale qu'on percera à l'endroit propice, ce qui nécessitera deux opérations : le perçage de la conduite puis la fixation sur celle-ci du branchement proprement dit par un dispositif de piquage étanche et solide.

Quelle que soit la nature de la canalisation principale, les branchements peuvent toujours être établis en tubes d'acier sans soudure qui possèdent une haute résistance, sont élastiques et offrent le maximum de sécurité.



PRISES SANS COLLIER

Sur les conduites de distribution en acier, les branchements seront réalisés au mieux par le soudage à l'autogène des prises. **Cette pratique est de règle pour tous branchements réalisés pendant la construction du réseau de distribution.**

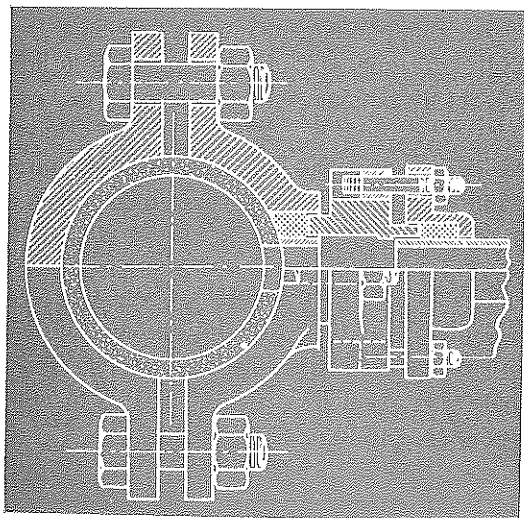
Le perçage de la conduite maîtresse se fait soit à la machine, soit au chalumeau (oxy-coupage).

Le tube de branchement en acier est soudé en bout sur la conduite de distribution. (Voir photo ci-contre.)

L'étanchéité et la solidité obtenues par ce procédé sont hors de pair.

COLLIER SÉCUR

Le collier de prise ordinaire à lunette ne donne pas toujours satisfaction : un fort serrage des boulons assure la fixité du collier sur le tuyau mais détruit l'élasticité du joint intercalaire et conséquemment son étanchéité; par contre, un serrage modéré des boulons conserve au joint ses propriétés élastiques, mais expose le collier à tourner facilement.



Dans le collier Sécur, l'**adhérence** du collier sur le tube et l'**étanchéité** du joint sont assurées séparément par les serrages respectifs de deux jeux de boulons distincts.

- a) **Adhérence** : Le serrage à bloc du premier jeu fixe le collier sur le tuyau qui, embrassé sur tout son pourtour ne peut ni s'ovaliser ni se rompre.
- b) **Etanchéité** : Le serrage du second jeu comprime un joint de caoutchouc dans une chambre cylindrique bien délimitée par la conduite, la lunette du collier, la douille de centrage et la bride de départ solidaire du tuyau de branchement. Ce joint ne peut "foirer" et en conséquence peut être comprimé aussi fortement qu'il est nécessaire pour empêcher toute fuite.

L'emploi du collier Sécur n'est pas réservé au tuyau d'acier, on l'utilise avec les mêmes avantages sur des tuyaux d'autres matières.

RACCORD SÉCUR

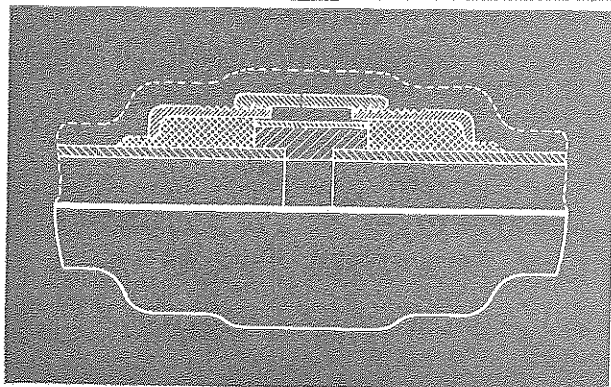
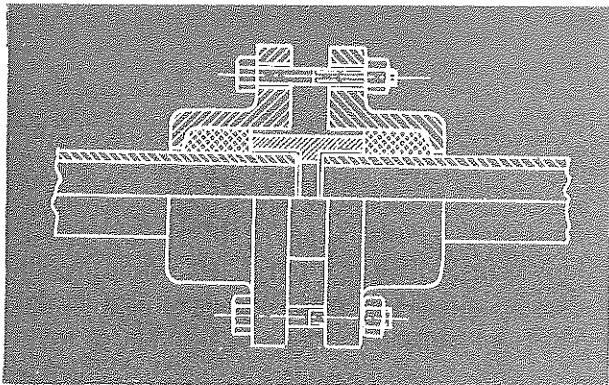
Le raccord Sécur sert à la jonction des tubes de branchements à bouts lisses.

Le raccord Sécur se compose essentiellement de deux bagues longues rectangulaires en caoutchouc très résistant butant sur une douille centrale, logées et comprimées dans deux brides-cuvettes d'où elles ne peuvent s'échapper par foirage.

L'ensemble du raccord Sécur est compact et ses joints sont bien protégés contre le fluide interne et le terrain environnant. La grande résistance et l'étanchéité du raccord

Sécur sont fondées sur l'adhérence que développe une garniture élastique lorsqu'elle est comprimée sans pouvoir se déformer sensiblement dans un volume entièrement clos de toutes parts.

Le raccord coudé Sécur, analogue au raccord droit, permet de réaliser des changements de direction en plan ou en profil.



RACCORD ISOSECUR

L'Isosécur permet de "couper" électriquement les branchements souterrains :

- de la conduite maîtresse pour éviter la formation de couples galvaniques (tubes d'acier sur tuyau de fonte);
- de l'installation intérieure (courants parasites, "terres" intempestives).

Le raccord Isosécur, comporte essentiellement une bague médiane qui "coupe" entre les extrémités des tubes raccordés et deux bagues d'extrémités qui "coupent" à leur surface extérieure. Ces deux bagues sont

logées dans deux brides-cuvettes venant se visser dans un manchan taraudé.

Le raccord Isosécur, grâce à ses formes de révolution qui permettent de le revêtir aisément et surtout efficacement, introduit une nette coupure électrique dans le branchement.

Destinés à l'assemblage de tubes à bouts lisses :

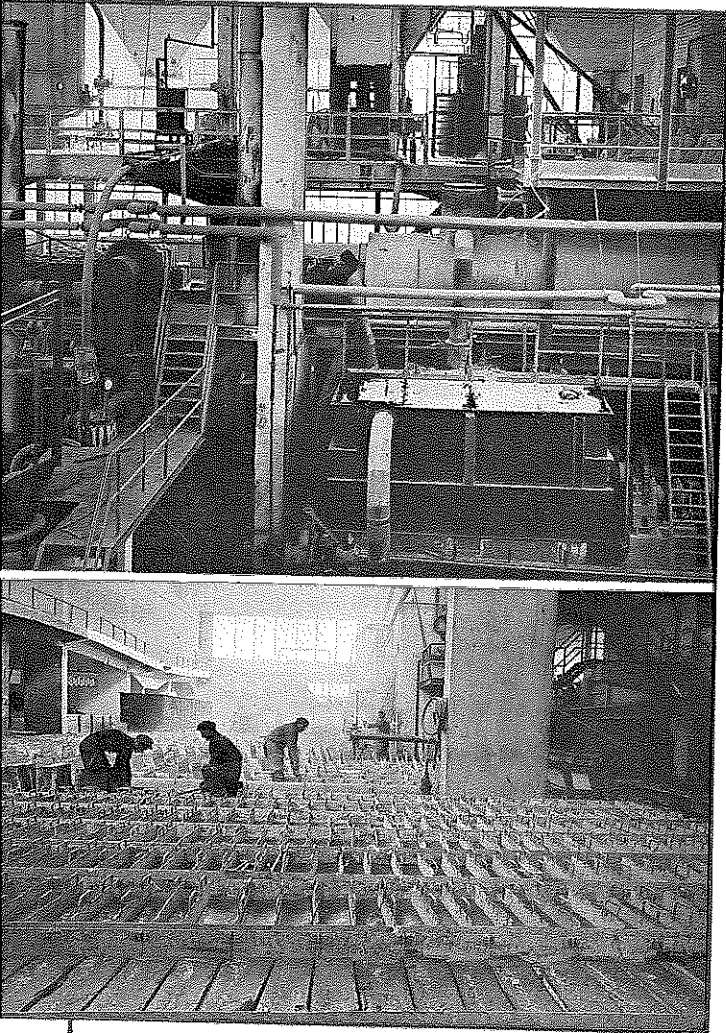
- le prix de ces raccords est en partie compensé par l'économie de main-d'œuvre qui résulte de la suppression des filetages à exécuter sur chantier;
- l'épaisseur des tubes aux extrémités est intégralement conservée.

PROTECTION

La grande longueur des tubes d'acier d'une part (le revêtement sur chantier d'un petit nombre de joints est relativement peu de chose) et le fait qu'ils sont incassables d'autre part, conduisirent leurs premiers utilisateurs à les faire revêtir en usines pour accroître leur durée. En 1892 apparurent en effet, les premiers tubes à revêtement de "jute asphalté". Certains de ces tubes sont en service depuis un demi-siècle : Remscheid (1892), Gaz de Basse-Moselle (1901), Syndicat de Dabo (1905). Ce revêtement fut en quelque sorte, le "prototype" de tous ceux qui furent faits dans le Monde jusqu'à la seconde Guerre Mondiale.

Au cours de la dernière décade, tout l'effort des techniciens s'est porté sur l'amélioration des produits bitumineux d'enrobage et de leurs "supports".

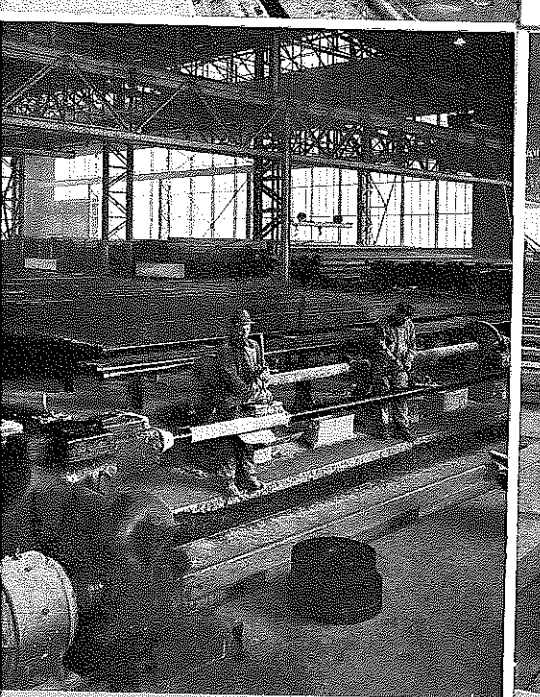
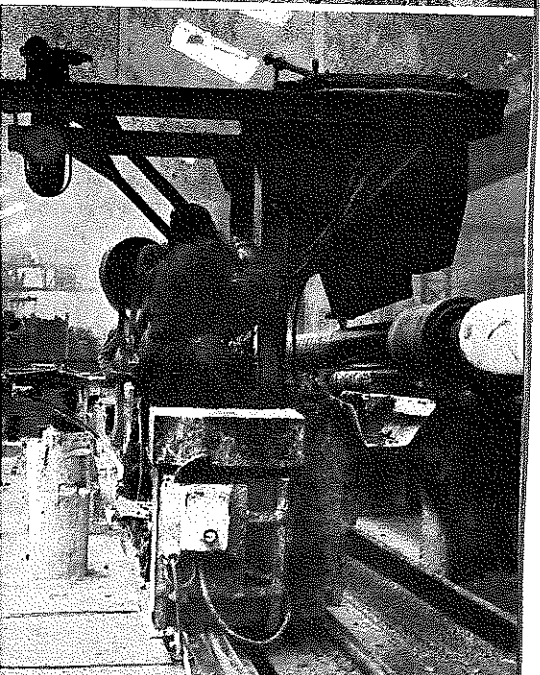
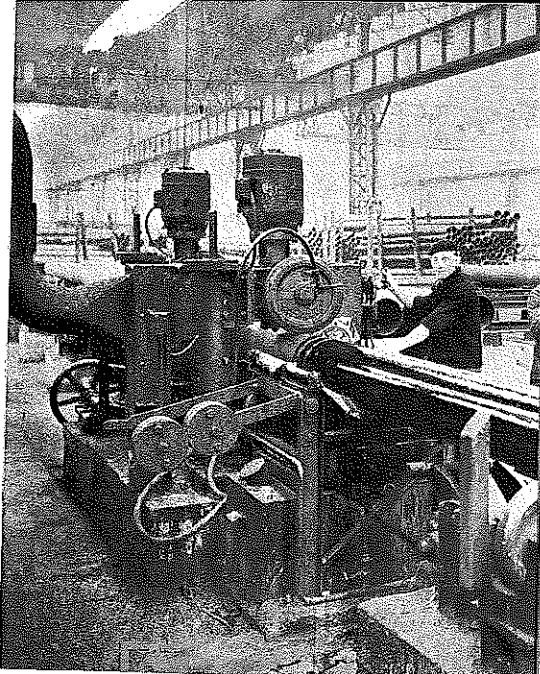
Le "Carboplast", produit synthétique de "dérivés de la houille", a permis d'élever le point de ramollissement de l'enrobage tout en lui conférant une **plasticité** (d'où son nom) éminemment favorable. Le "**Carboplast F. 101 D**" mis au point au début de 1948 pour la protection du pipe-line de gaz naturel Toulouse-Bordeaux et dont les qualités sont aujourd'hui des plus confirmées, répond à peu de chose près aux Spécifications Standard de l'**AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION** (AWWA — prescriptions 7 A. 6 de 1949), ainsi que le fait apparaître le tableau ci-dessous :



b

FABRICATION DU CARBOPLAST
a
 APPAREILS D'ELABORATION (PARTIE)
b
 DÉMOULAGE D'UNE COULÉE

Caractéristiques A.S.T.M. (American Society for Testing Materials)	Produit Standard AWWA 1949	Carboplast F. 101 D
Base	Brai de houille	Brai de houille
Point de ramollissement	104° C	104° C tolérance ± 4°
Pénétration :		
à 25° C (100 g/5")	7 — 16	7 — 11
à 45° C (50 g/5")	15 — 35	20 — 35



a

Tout revêtement de tube se compose normalement d'une "couche primaire" et d'un "enrobage".

Le but de la couche primaire (**Carbolac**) est de faire adhérer l'enrobage au tube. Aussi n'est-elle appliquée qu'après séchage et brossage de celui-ci.

Trois qualités de revêtement sont actuellement utilisées en France, désignées couramment par les majuscules A, B, C :

Revêtement A. — L'enrobage est constitué par l'enroulement hélicoïdal avec 15 à 20 % de recouvrement d'une bande de jute préimprégné saturée de Carboplast fondu.

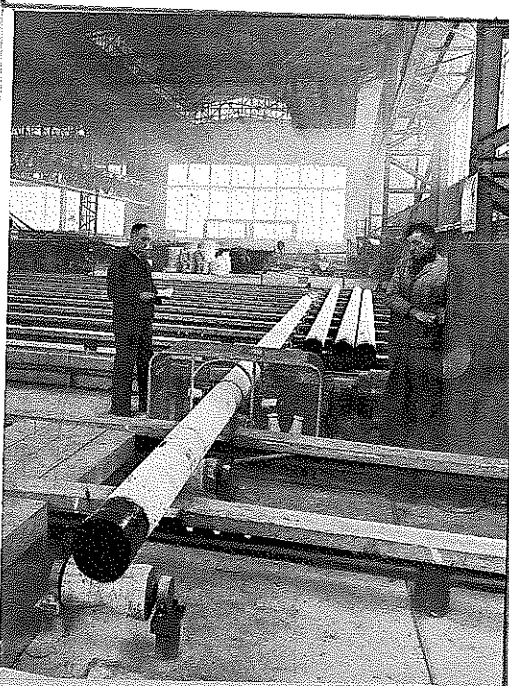
Revêtement B. — Même enroulement que pour le revêtement A, mais sur "sous-couche" préalable de Carboplast d'environ 2 mm d'épaisseur. C'est le revêtement type R. A. P. 1948. Il satisfait à l'épreuve du balai à étincelles 10.000 volts.

Revêtement C. — L'enrobage est un "complexe" de soie de verre ("verre filé") et de Carboplast F 101 D appliqué à chaud sur le tube et dont l'épaisseur moyenne est au moins de 4 mm. Conçu en 1940, réalisé industriellement dès 1943 et appliqué la même année sur plusieurs hectomètres de diverses canalisations (feeder de Gaz 25 Hpz Finalens-Lille, distribution d'eau à Buzenval, refoulement d'eau de Charost), il a été perfectionné au cours des années suivantes et "lancé" en grand au cours de l'année 1949. C'est aujourd'hui le revêtement le plus apprécié et le plus demandé. Il satisfait bien entendu à l'épreuve au balai à étincelles 10.000 volts.

b

REMARQUE : Les abouts nus des tubes et le "cordon" de leur soudure sont revêtus après l'épreuve hydraulique de la canalisation et avant sa mise en fouille comme le sont les tubes revêtus en usine et avec les mêmes produits qu'eux. L'opération qui est manuelle

c



PROTECTION
EXTÉRIEURE DES
TUBES EN USINE.

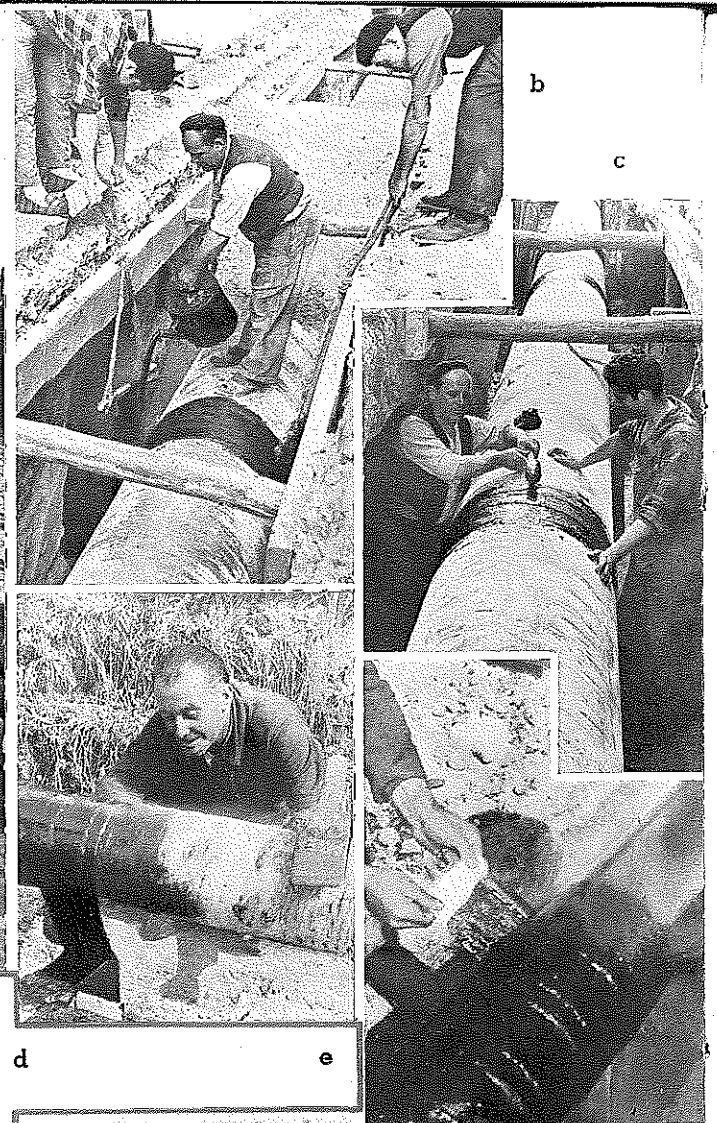
a
BROSSAGE MÉCANIQUE
DES TUBES.

b
APPLICATION
DU REVÊTEMENT

c
CHAULAGE.

d
ÉPREUVE ÉLECTRIQUE
10 000 V

d



α

PROTECTION EXTÉRIEURE DES JOINTS
SUR CHANTIER.

α

VUE D'ENSEMBLE D'UN CHANTIER.

b

SURCOUCHE PAR LE PROCÉDÉ DIT "A LA SANGLE"

c

APPLICATION DE LA BANDE DE JUTE.

d e f

CONFECTION DU REVÈTEMENT AU MOYEN DE BANDES
DE SOIE DE VERRE SATURÉES DE CARBOPLAST FONDU.

au lieu d'être mécanique **ne présente aucune difficulté** et n'exige que peu d'outillage. Elle nécessite toutefois qu'on ne la confie qu'à un **ouvrier expérimenté, habile et consciencieux**. (Aux U.S.A. celui-ci est toujours un **spécialiste attiré de l'entreprise**.)

f

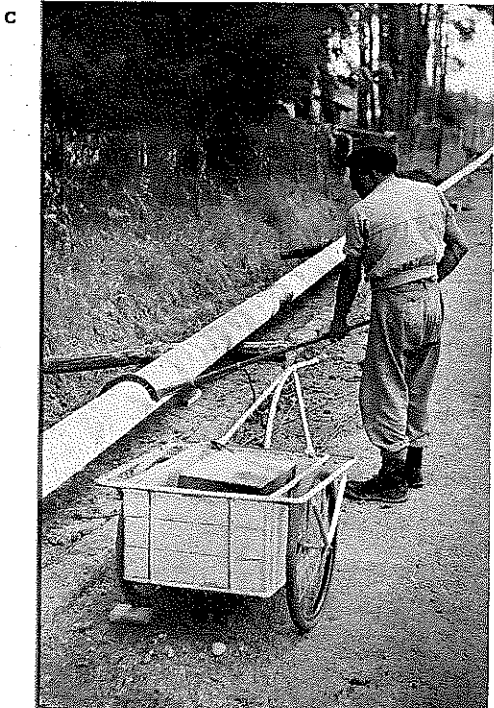
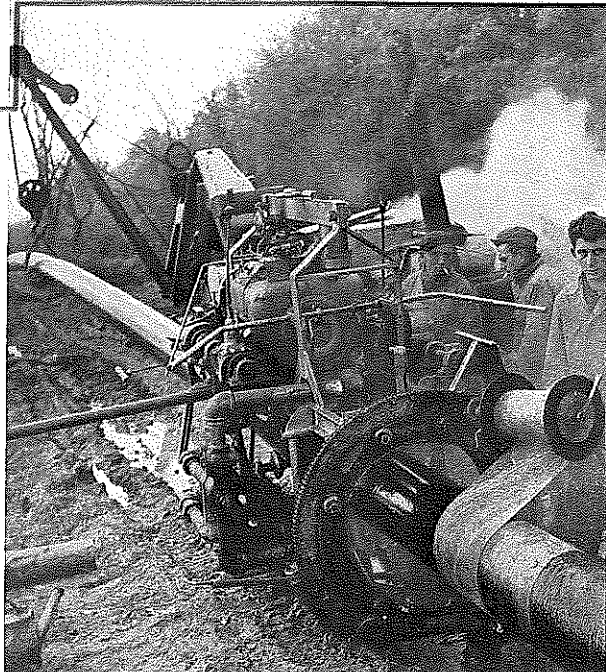
NE PAS OUBLIER QUE SUR TOUT CHANTIER DE POSE LE TRAVAIL DE CE SPÉCIALISTE A AUTANT D'IMPORTANCE QUE CELUI DU SOUDEUR. CELUI-CI ASSURE LA SOLIDITÉ ET L'ÉTANCHÉITÉ DE LA CONDUITE, CELUI-LA SA PÉRENNITÉ.

À côté des revêtements que les usines à tubes exécutent couramment existe le "revêtement en ligne", fait mécaniquement sur conduite nue après soudage et épreuve de celle-ci juste avant son enfouissement. Ce procédé ("traveling") largement utilisé aux U.S.A. s'applique surtout aux pipelines ou feeders de grandes longueurs permettant le déploiement des machines utilisées : "brosseuse-vernisseuse" (cleaning and priming machine); "enrobeuse" (coating and wrapping machine).

REVÊTEMENT EN LIGNE

a
BROSSEUSE-VERNISSEUSE (Perrault Brothers).

b
ENROBEUSE (Perrault Brothers).

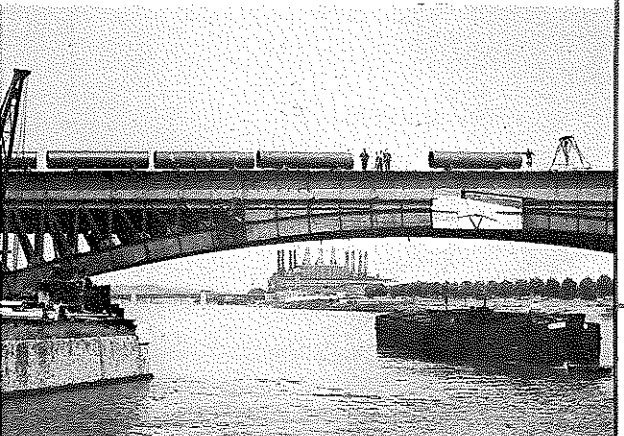
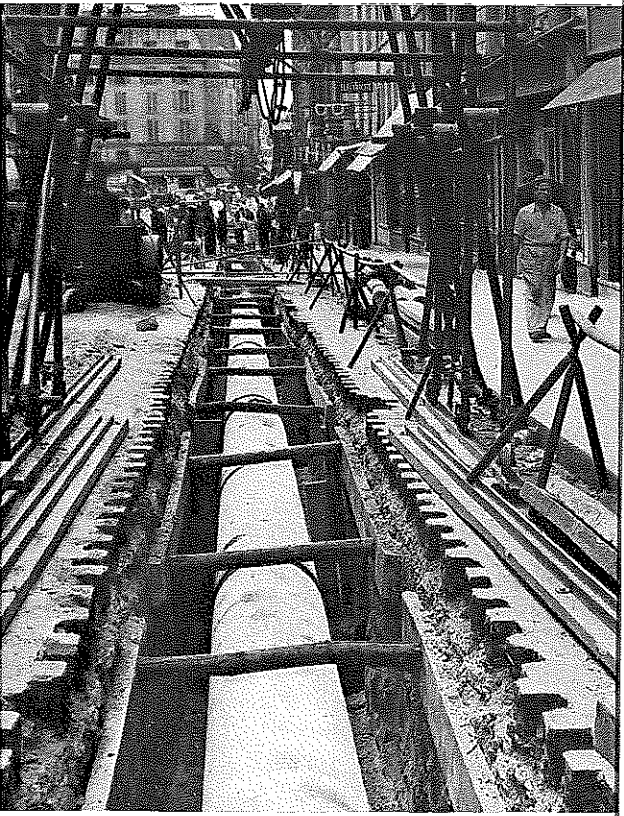
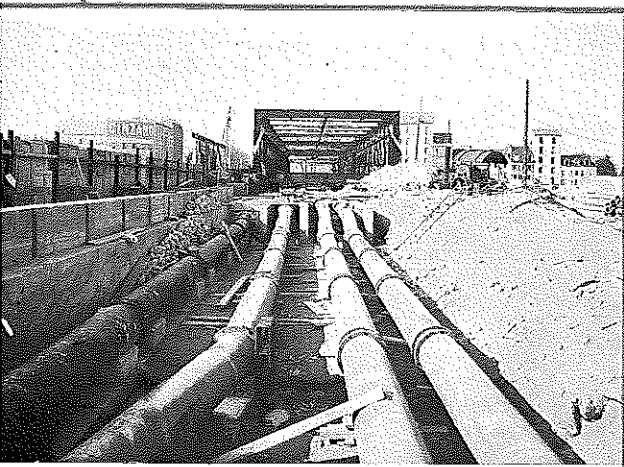


ÉPREUVE
DU REVÊTEMENT
(10.000 VOLTS).

c
BALAI
SEMI-CIRCULAIRE.

d
TORE SPIRAL.

RÉFÉRENCES



LES RÉFÉRENCES CI-APRÈS DONNENT UN APERÇU DES POSSIBILITÉS DE FABRICATION DE NOS USINES ET DE LA DIVERSITÉ D'EMPLOI DE LEURS PRODUITS.

Feeders de gaz basse et moyenne pressions de la REGION PARISIENNE, en tuyaux soudés à l'arc électrique :

- 400 mm GENNEVILLIERS - LE LANDY.
- 600 mm ALFORTVILLE - CHOISY.
- 700 mm VALMY-BELLEVILLE — MONTROUGE.
- 800 mm GENNEVILLIERS - NEUILLY.
- 1.000 mm GENNEVILLIERS - SAINT-OUEN.

Conduites d'eau de gros diamètre en tuyaux soudés à l'arc électrique :

- 450 mm Houillères de DJERADA (Maroc).
- 450 mm } Syndicats intercommunaux des Eaux de la
- 475 mm } PLAINE de LUÇON et de LA ROCHELLE-
- 500 mm } NORD.
- 500 mm Ville de SARREGUEMINES.
- 500 mm Ville de PARIS (Vals d'Yonne).
- 550 mm Ville de PARIS (Pont de Neuilly).
- 550 mm Amenée d'eau du VEGAY.
- 600 mm DJEMAA-MICHELET (Algérie).
- 700 mm Villes de ROUBAIX et de TOURCOING.
- 1.100 mm Ville de PARIS (Pont d'Argenteuil).

Réseaux de pipe-lines de gaz naturel de la REGIE AUTONOME DES PETROLES — 820 km — fonctionnant sous 60 atmosphères (TOULOUSE-BORDEAUX et TOULOUSE-PAU avec dérivations sur Pierrefitte, Lourdes, Saint-Girons, Pamiers, Montauban, Moissac), et sous 100 atmosphères (PEYROUZET-BOUSSENS).

Feeders de transport à grandes distances et à hautes pressions de GAZ DE FRANCE pour l'alimentation du territoire en Gaz provenant des Grandes Centrales Gazières et Cokeries.

Feeder du SUD-EST PARISIEN (CORBEIL-FONTAINEBLEAU-SENS-JOIGNY).

Feeder SARRE-LORRAINE (SARREGUEMINES-NANCY).

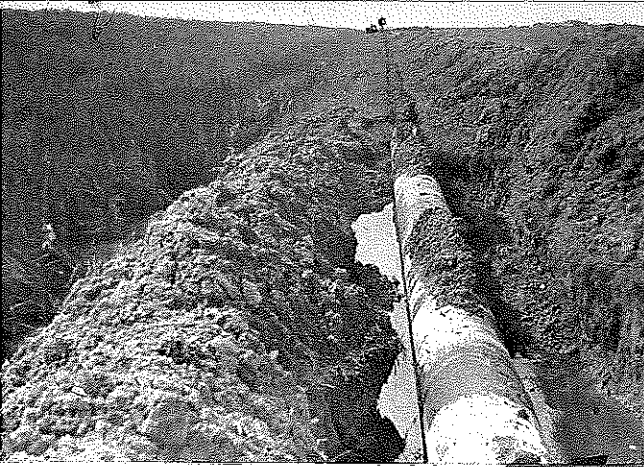
Feeder de la MEURTHE (LUNEVILLE-BACCARAT-SAINT-DIE).

Feeder de la RISLE (BERNAY-BRIONNE).

a
CONDUITES D'EAU DU PONT DE NEUILLY-SUR-SEINE (550 mm).

b
POSE D'UN FEEDER FAUBOURG DU TEMPLE (700 mm).

c
TRAVERSÉE DE LA SEINE AU PONT-AQUEDUC D'ARGENTEUIL (1.100 mm).



Feeders du PAYS DE CAUX (LE HAVRE-BOLBEC-ETRETAT-FECAMP et CAUDEBEC-YVETOT-DIEPPE).

Feeder du PAYS D'AUGE (CAEN-TROUVILLE-LISIEUX).

Feeder du MORBIHAN (VANNES-AURAY-QUIBERON).

Feeder du NIVERNAIS (VIERZON-BOURGES).

Feeder de l'ORLEANAIS (ORLEANS-BEAUGENCY).

Feeder d'Auvergne (RIOM-CLERMONT-FERRAND).

Feeder du GIER (SAINT-ETIENNE-RIVE-DE-GIER).

Feeder du FOREZ (ROCHE-LA-MOLIERE-ANDREZIEUX-MONTBRISON-CHAZELLES).

Feeder de la BASSE-LOIRE (NANTES-SAINT-NAZAIRE).

Feeder de la COTE BASQUE (BAYONNE-HENDAYE).

Feeder PHOCEEN (MARSEILLE-BANDOL-TOULON).

Feeder de SAVOIE (CHAMBERY-AIX-LES-BAINS).

Feeders de liaison entre les BASSINS HOUILLERS DU NORD ET DU PAS-DE-CALAIS et

— la région côtière de la Manche (DESVRES-BERCK-BOULOGNE-CALAIS et HESDIN-LE TREPOT);

— la région industrielle du Nord;

— la région d'AMIENS;

— les villes de LILLE, ROUBAIX et TOURCOING.

Feeder de l'EST (NANCY-PARIS), en cours d'exécution.

Transports de « Schlomms » (diam. 375) des HOUILLERES NATIONALES DE LORRAINE, GROUPE DES INDUSTRIES DE LA HOUILLE à MERLEBACH.

Transports de marne fluidifiée, par refoulement en pipe-line sous forte pression : CORMEILLES (Ø 200).

Canalisations sous-fluviales et sous-marines (SETE, BERRE, siphon double de 600 mm de l'égout entre JOINVILLE-LE-PONT et SAINT-MAUR-DES-FOSSES). Triple traversée de la Sèvre Niortaise près de son embouchure.

Conduites pour multicâbles P.T.T. en bain d'huile (Traversée en siphons du Canal de la BORDIGUE par la ligne téléphonique NIMES-SETE).

Conduites pour câbles "Oilostatic" de Transport d'Energie Electrique T.H.T. (Prototypes à Lyon et à Paris).

Conduites d'eau sous très fortes pressions de BOUGIE (30 kg/cm²), de CHAMOIX (35 kg/cm²), des Syndicats de MAICHE (48 kg/cm²), de la DHUY (45 kg/cm²), de LEVENS (44 kg/cm²), des ESCALDES (70 kg/cm²), etc.

Conduites d'eau en terrains de montagne extrêmement difficiles : LOURDES (Gorge des Enfers), Gorges de CAUDIES, Mines d'AOULI (Gorges de la Moulouya).

Conduites souterraines de vin des GRANDS CHAIS DE DIJON.

CONDUITE D'AMENÉE DES SYNDICATS INTERCOMMUNAUX DES EAUX DE LA PLAINE DE LUÇON ET LA ROCHELLE NORD.

α et β

TRAVERSÉE DU " MARAIS POITEVIN "
(25 km de 450/475 mm).

γ

LANCEMENT D'UNE TRIPLE CONDUITE SOUS-FLUVIALE
Sèvre-Niortaise près de son embouchure.

Conduites de sucreries (UNION SUCRIERE DE L'AINSE, Sucrerie d'IWUY).

Réseaux de distribution de propane de LONGUYON, VALOGNES, LAMBALLE, LANGON, SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT, NEUFCHATEL-EN-BRAY, GERADMER, MARENNES.

Conduites de gaz ammoniac de PIERREFITTE-NESTALAS (PHOSPHATES TUNISIENS).

Conduites d'hydrogène de PONT-DE-CLAIX.

Conduites d'oxygène haute pression des ACIERIES DE LONGWY et des HAUTS FOURNEAUX de la CHIERS.

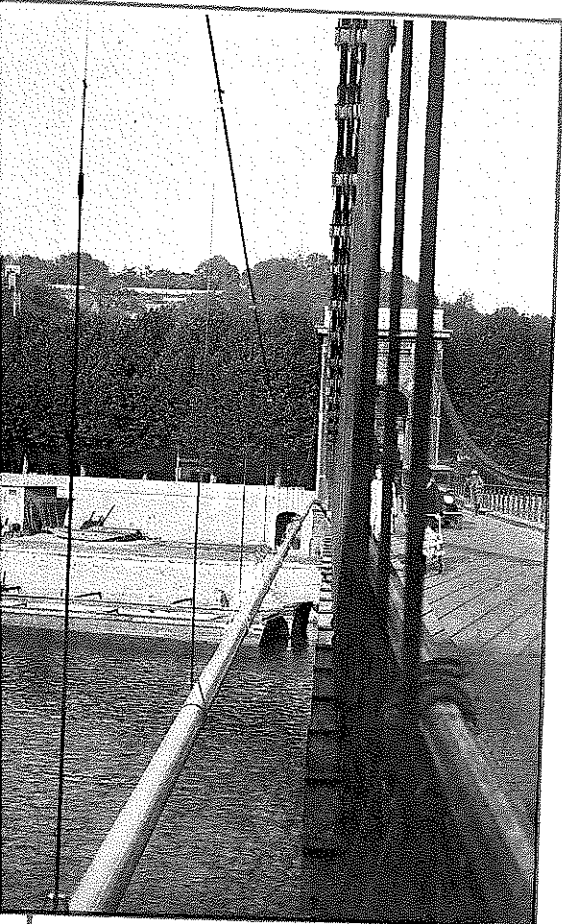
RÉFÉRENCES DE RÉSEAUX DE CANALISATIONS SOUTERRAINES EN ACIER DE PLUS DE DIX KILOMÈTRES DE LONGUEUR EN SERVICE DEPUIS PLUS DE VINGT ANS

- 1895 BOUGIE (Algérie).
- 1901 Société d'Electricité et de Gaz de la BASSE-MOSELLE.
- 1903 Usines à Gaz et d'Electricité de SARREBOURG (Moselle).
- 1905 DABO et Communes environnantes (Moselle).
- 1908 Ville de VALENCIENNES (Nord).
- 1910 Distribution de Gaz de WAZIERS (Nord).
- 1914 Feeder de Gaz BARR-OBERNAI-MUTZIG (Bas-Rhin).
- 1916 Grande banlieue de Colmar (Haut-Rhin).
- 1922 PONS (Charente-Maritime).
RAON-L'ETAPE (Vosges).
SAINT-PRIVAT (Ardèche).
ARC-SOUS-MONTENOT (Doubs).
Feeder de Gaz SAINT-QUENTIN-TERGNIER-CHAUNY.
- 1923 SARE (Basses-Pyrénées).
MORTEAU (Doubs).
CHATELLERAULT (Vienne).
BLOSSEVILLE-BONSECOURS (Sein.-Inf.).
Union Sucrière de L'AINSE.
Houillères de ROCHE-LA-MOLIERE.
SAINT-VIT (Doubs).
Feeder de Gaz ROCHEFORT-TONNAY-CHARENTE.
Feeder de Gaz ARRAS - BAPAUME - ALBERT-VILLERS-BRETONNEUX.
- 1924 UGINE (Savoie).
Distribution de Gaz de la Ville de LENS (Pas-de-Calais).
Feeder de Gaz des Mines d'ANZIN à ST-AMAND-LES-EAUX et ORCHIES.
- 1925 Syndicat d'ANGERVILLER (M.-et-M.).
Syndicat d'OGEVILLER (M.-et-M.).
MESNIL-ESNARD (Seine-Inférieure).
Distribution de Gaz de la Ville de LIEVIN (Pas-de-Calais).
- 1926 MONTREAL (Ain).
ANTIBES (Alpes-Maritimes).
NICE (Alpes-Maritimes).
ANNECY (Haute-Savoie).
VAL-ET-CHATILLON (Meurthe-et-Moselle).
PERNES (Vaucluse).
Conduite de refoulement de MIRECOURT (Vosges).
Syndicat d'ECHILLEUSE-BOESSE-GRAN-GERMONT (Loiret).
- 1927 NONTRON (Dordogne).
SISTERON (Basses-Alpes).
CHATELAILLON (Village des BOUCHOLEURS) (Charente-Maritime).
SAINT-LAURENT-DE-NESTE (Hautes-Pyrénées).
SAINT-PE-DE-BIGORRE (Hautes-Pyrénées).
VOLVIC-RIOM-CHATELGUYON (Puy-de-Dôme).
LA TOUR DE CAROL (gare) (Pyr.-Or.).
LE MANS (Sarthe).
LES AVANCHERS (Savoie).
POUXEUX (Vosges).
Ville de TREVOUX (Ain).
THOIRY (Ain).
LES CLERIMOIS (Yonne).
Synd. de DADONVILLE-ASCOUX (Loiret).
Sucreries d'IWUY (Nord).
DJURDJURA-MICHELET (Alger).
Feeder de Gaz STRASBOURG-SELESTAT BLIDA-CHREA (Alger).

PASSAGES AÉRIENS
DE COURS D'EAU PAR DES
CANALISATIONS EN ACIER

a
SUSPENSION CATÉNAIRE

b
" EN ARC " (DOUBLE CANALISATION).



a

b



1928 DAMVILLE (Eure).
CROLLES (Isère).
TREMIS (Isère).
VIRIVILLE (Isère).
RETOURNAC (Haute-Loire).
YSSINGEAUX (Haute-Loire).
COMBLOUX (Haute-Savoie).
VIUZ-LA-CHIESAZ (Haute-Savoie).
FRONTIGNAN (Hérault).
DOMMIERS (Aisne).
BALARUC (Hérault).
GABARRET (Landes).
GUIGNEVILLE (Loiret).
MORVILLE (Loiret).
CHAUX-DES-CROTENAY (Jura).
SAINT-ELOY-LES-MINES (Puy-de-Dôme).
ODEILLO-VIA-FONT-ROMEU (Pyrénées-Orientales).
Feeder de Gaz LENS-LILLE.
Ceinture de Gaz surpressé de BORDEAUX.
Gaz de TROYES.

1929 Service des Eaux de la Ville de ROUEN (Seine-Inf.).
OFFRANVILLE (Seine-Inférieure).
ORANGE (Vaucluse).
SAINT-LAURENT-DU-VAR (Alpes-Maritimes).
BERTRY (Nord).
Syndicat de TARTIERS-CUISY EN ALMONT (Aisne).
IRRISSARY (Basses-Pyrénées).
FOLLEMBRAY-GUNY (Aisne).
Syndicat de JUMENCOURT-LANDRICOURT (Aisne).
Syndicat de TROSLY-LOIRE et SELENS (Aisne).
VAUCHASSIS (Aube).
Feeder BRUAY-SUR-ESCAUT, VALENCIENNES.
TENES (Alger).
ARGENTAT (Corrèze).
Port de BORDEAUX-BASSENS.
Conduite d'ammoniac PIERREFITTE-NESTALAS (H.-P.).
Distribution de gaz de TOURS.
Distribution de gaz de JOUE-LES-TOURS.
Feeder de gaz QUIMPER-PONT-L'ABBE.
Feeder de gaz QUIMPER-DOUARNENEZ.
RANDON (Constantine).

1930 Ville de BOURG-EN-BRESSE (Ain).
Ville de GAP (Hautes-Alpes).
SAINT-PIERRE-DE-CHARTREUSE (Isère).
SAINT-LAURENT-DE-MURE (Isère).
SAINT-DIDIER-AU-MONT-D'OR (Rhône).
BRAINE (Aisne).
Syndicat de MENNEVRET-PETIT-VERLY (Aisne).
SAIDA (Oran).
SEDRATA (Constantine).
OUED-MARSA-AOKAS (Constantine).
NEUVILLE-LES-DIEPPE (Seine-Inférieure).



α



b



1930 Service des Eaux de la Ville de ROUEN.
 GRAND-COURONNE (Seine-Inférieure).
 LE SAP (Orne).
 PERCY (Manche).
 ARGELES-GAZOST (Hautes-Pyrénées).
 LOURES-BAROUSSE (Hautes-Pyrénées).
 LARCHE (Basses-Alpes).
 LA GAUDE (Alpes-Maritimes).
 ALLAUCH (Bouches-du-Rhône).
 LANÇON-PROVENCE (Bouches-du-Rhône).
 SAINT-MARTIN-DE-VALGALGUES (Gard).
 RAMOULU (Loiret).
 Ville de SABLE-SUR-SARTHE (Sarthe).
 Feeder de Gaz PONT-L'ÉVEQUE-TOUQUES.
 Feeder de Gaz CAEN-LION-SUR-MER.
 Feeder de Gaz CANNES-MANDELIEU.
 Feeder de Gaz CASTRES-MAZAMET.
 Feeder de Gaz NIMES-ARLES.
 Feeder de Gaz LA RICAMARIE-RIVE-DE-GIER.

1931 Ville de LOURDES (H.-Pyr). Eaux de Cabessa.
 LA KITIMA (Guinée).
 POINTE-NOIRE (A. E. F.).
 Synd. de MAICHE (Doubs).
 LIESLE (Doubs).
 RANS (Jura).
 INKERMANN (Oran).
 CIREY-SUR-BLAISE (Haute-Marne).
 FOS-SUR-MER (Bouches-du-Rhône).
 LA ROQUEBILLIERE (Alpes-Maritimes).
 TAVERNES (Var).
 BEUIL (Alpes-Maritimes).
 GUILLAUMES (Alpes-Maritimes).
 BETHENCOURT (Nord).
 JOUY-SUR-MORIN (Seine-et-Marne).
 SAACY (Seine-et-Marne).
 CHERY-CHARTREUVE (Aisne).
 BRANTOME (Dordogne).
 Village sanitaire de SALAGNAC (Dordogne).
 NAY (Basses-Pyrénées).
 Feeder de Gaz TOULON-BANDOL.
 Feeder de Gaz GOLFE-JUAN-CAGNES.
 Feeder de Gaz TARARE-AMPLEPUIS.
 Feeder de Gaz CHALON-CHAGNY.
 Feeder de Gaz OULLINS-FRANCHEVILLE.
 Feeder de Gaz MONTELMAR-LE TEIL.
 Distribution de Gaz de la Ville du Teil.
 Distribution de Gaz de la Ville d'ANNEMASSE.

CHANTIERS DE POSE EN TERRAINS ACCIDENTÉS.

α
 DANS LE MOYEN ATLAS MAROCAIN.

b
 DANS LES MONTS DU FOREZ.

c
 DANS LA CHAÎNE DES CÉVENNES.

CORROSION ET ANTI-CORROSION

Les références de durée de 20 à 50 années qui précèdent sont celles de canalisations ordinaires canalisant des eaux normales et posées correctement en terrain normal, ce qui est le cas de 98 % des canalisations souterraines d'eau et de gaz.

Mais on a vu des canalisations souterraines attaquées sur leurs parois :

- par le milieu qu'elles circonscrivent (corrosion intérieure);
- par le milieu qui les entourent (corrosion extérieure).

Indépendamment de la nature corrosive de certaines eaux canalisées (de forage et de barrage notamment), l'existence de certains sols¹ qui déjà corrosifs par eux-mêmes le deviennent plus encore par leur "couplage" avec d'autres ("piles géologiques"), l'électrification croissante des voies ferrées, etc., posent, aujourd'hui où l'on fait de longues canalisations souterraines (feeders, pipe-lines, interconnexions, artères syndicales), de sérieux problèmes d'anticorrosion.

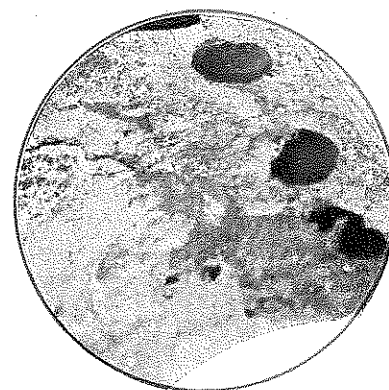
CORROSION INTÉRIEURE

Aujourd'hui, tout ingénieur avisé sait qu'il doit "corriger" selon que de besoin, le fluide qu'il canalise, s'il veut éviter l'usure prématurée des **machines, réservoirs, canalisations et appareils d'utilisation** de tous genres qu'il installe.

Ce principe est de règle dans le domaine du Gaz : sachant l'action destructive de certains corps (corrosion par les acides sulfhydrique et cyanhydrique, dissolution du caoutchouc dans les hydrocarbures lourds; rouille pulvérulente due à la vapeur d'eau, etc...), on élimine le plus possible ces corps du gaz brut produit, afin de ne canaliser qu'un gaz "épuré", pratiquement "sec", non corrosif. Il le devient aussi dans celui de l'Hydraulique, où l'on considère de plus en plus l'eau naturelle comme un produit brut souvent canalisable tel quel, mais qui, parfois, ne pourrait l'être impunément sans "traitement" approprié : physico-chimique ou bactériologique.

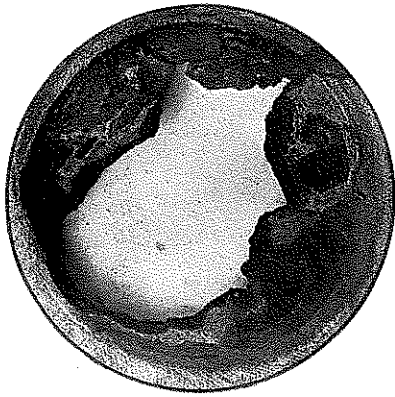
Vu sous le seul angle de la "Corrosion", le traitement d'une eau doit éliminer ou neutraliser tous **corps chimiques** (CO_2 , H_2S , Fe et Mn en excès, etc...) et **intrus biologiques** (algues, bactéries), **corrodeurs**.

L'acide carbonique "agressif" et l'acide sulfhydrique des "eaux de forage" sont très dangereux (cavités hémisphériques caractéristiques en ligne sur la génératrice supérieure); l'air, occlus, systématique ou accidentel (entrées d'air), l'est non moins. « Rien n'est plus abrasif qu'une émulsion d'eau et d'air². »



1. Dans un but de simplification le mot « sol », dans ce qui suit, est pris dans l'acception courante : ce qui entoure, encaisse les canalisations.

2. « Le Dégazage », conférence de M. Ch. Cabanes, Maison de la Chimie (1943).



Le fer et le manganèse donnent souvent des dépôts flocculés qui réduisent grandement le débit des canalisations.

Quant aux bactéries qui subsistent : grâce au soufre (Beggiatoa, Thiotrix); grâce au fer, ou au manganèse (Crénothrix, Leptothrix, Gallionella, B. manganeticus) etc., elles sont aussi néfastes par leur action corrosive que par leur abondante prolifération (**Tubercules** de toutes formes).

A tout prendre, **2 %** des eaux, peut-être, sont si destructives, qu'elles ne peuvent être ni pompées, ni emmagasinées, ni canalisées, ni distribuées telles quelles sans dommages graves pour les **pompes, réservoirs, canalisations** (tant souterraines qu'en élévation) et **appareils d'utilisation** (compteurs, chaudières, chauffe-bains, etc.).

Or, il est aujourd'hui classique de déceler par avance l'agressivité d'une eau brute et de définir les moyens d'y parer, lesquels dans la plupart des cas sont sûrs, simples et peu coûteux.

Une "Collectivité" qui est obligée de recourir à une eau corrosive se doit donc de la corriger efficacement avant de la canaliser ¹.

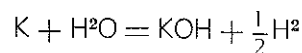
Le **traitement des eaux**: durcissement des eaux douces "dissolvantes", dégazage des eaux de forage, neutralisation complète ou "inhibition" des eaux de barrage; déferrisation et démanganésation; filtration, etc.; est du ressort exclusif du "spécialiste" ².

CORROSION EXTÉRIEURE

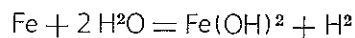
CORROSION CHIMIQUE

Tous les métaux industriels abandonnés à eux-mêmes tendent naturellement à retourner à l'état de minerai : d'oxyde notamment.

Les métaux très "réactifs", particulièrement "solubles" (calcium, sodium, potassium), s'oxydent extrêmement vite, témoin le potassium qui décompose l'eau si énergiquement que l'hydrogène produit s'enflamme instantanément de lui-même. Bien moins réactif que le potassium (de 2,7 volts), le fer, s'il ne libère pas l'hydrogène, a néanmoins une faible tendance à le déplacer : sur la violente décomposition



se calque donc la lente "corrosion" ³



qui, d'ailleurs, s'arrêterait vite si l'oxygène dissous ne transformait l'hydroxyde colloïdal en précipité de rouille et surtout n'éliminait le "film" d'hydrogène qui tend à se former à la surface du fer (dépoliarisation).

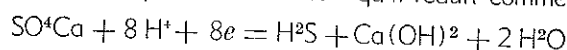
1. Cf. Instructions Générales du **Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France** (son Annexe n° 1).
2. Renseignements **Chambre Syndicale de l'Hygiène Publique** (2^e section : Correction des eaux), 22, rue du Général-Foy, Paris (8^e).

3. $Fe^{++} + 2e + 2(H^+ \cdot \bar{O}H) = Fe(OH)^2 + 2H^+ + 2e$ (transfert électronique).

CORROSION BIOCHIMIQUE

L'action dépolarisante n'est pas l'apanage exclusif de l'oxygène¹, et la contradiction avec le cas précité qu'impliquaient d'intenses corrosions locales de canalisations diverses posées en milieu parfaitement neutre totalement dépourvu d'oxygène, a été expliquée en 1934 par Von Wolzogen Kühr et Van der Vlugt lorsqu'ils dénoncèrent l'action de bactéries anaérobies du sol, dont le type est « *vibrio desulfuricans* » des « *argiles gypseuses* », compactes et humides².

On devait d'ailleurs constater ultérieurement que ce micro-organisme qui peut vivre en milieu strictement minéral totalement privé d'oxygène, fait souche dans tous les milieux argileux de pH 5,5 à 9, à condition qu'ils contiennent un peu de "sulfate" qu'il réduit comme :



l'hydrogène nécessaire provenant soit de la réaction entre sels hydrolysés et fer du sol, soit de l'action de ces sels sur le fer même de la canalisation. L'acide sulfhydrique attaque la canalisation, formant du sulfure de fer qui, cathodique par rapport au fer, tend à accroître la corrosion.

CORROSION ÉLECTROCHIMIQUE

Couples galvaniques

Tout métal — le Carbone de même d'ailleurs — plongé dans une solution électrolyte, prend spontanément un certain potentiel par rapport à cette solution; par exemple, dans des conditions particulières bien déterminées et par rapport à l'hydrogène :

Carbone.....	+ 0,90 volt
Cuivre.....	+ 0,34 volt
Mercure.....	+ 0,28 volt
Hydrogène.....	0,00 volt
" Fer " ³	- 0,20 volt
Zinc.....	- 0,77 volt
Magnésium.....	- 1,55 volt

Ce fait est à la base des piles électriques au **carbone** (type Leclanché) ou faites de **2 métaux différents** (type Volta), dans lesquelles **le corps le plus anodique** du "couple électrique" créé, **se corrode**. Aussi doit-on, à moins de précautions spéciales, éviter de relier ou juxtaposer dans le sol des canalisations de natures différentes.

Dans le cas bien plus général en l'espèce d'un seul et même métal, ce sont surtout les "différences" de concentration chimique qui existent d'un point à un autre du milieu ambiant, qui engendrent les couples électriques corrodants : "différences" en oxygène ou en électrolytes.

Aération différentielle

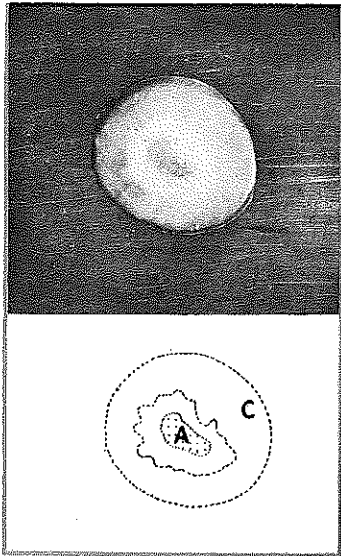
L'oxygène est si avide d'électrons que les zones moins "aérées" (peu riches en oxygène) deviennent vite anodiques par rapport aux zones "aérées" et, conséquemment, se corrodent.

L'expérience de la "goutte d'Evans" que chacun peut reproduire sur une plaque de **cuivre** est particulièrement démonstrative. Une goutte d'eau salée y produit vite ce qu'on voit sur la

1. Cl a une activité chimique comparable.

2. Certaines argiles du trias et du lias contiennent jusqu'à 10 % de leur poids propre en sulfates.

3. Chiffre moyen, pratique en l'espèce.



photographie en quadruple grandeur ci-contre, qu'explique le croquis correspondant :

- formation centrale de chlorure cuivreux, qui se transforme finalement en chlorure cuivrique (anode A);
- anneau intermédiaire d'hydroxyde de cuivre;
- liseré périphérique clair basique (cathode C).

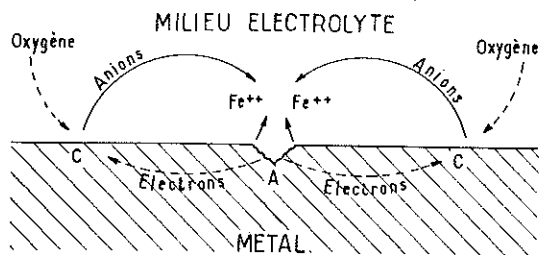
La corrosion affecte le cuivre du centre de la goutte, là où la plus grande épaisseur d'eau interdit le plus l'accès de l'oxygène atmosphérique au métal.

Piles de concentration. Piles à 2 liquides

L'inégale distribution¹, tant qualitative que quantitative des anions et cations autour et au long d'une canalisation enterrée, crée des "potentiels métal-sol"² qui diffèrent sensiblement d'un point à un autre et, par conséquent, des "plages" anodiques qui se corrodent cependant que de larges zones voisines corrélativement cathodiques se trouvent ipso facto protégées. En fait telle zone statistiquement anodique au départ voit nombre de ses petites anodes s'**éteindre** successivement de proche en proche sous la double influence de la polarisation qui s'opère et des courants "cathodisants" qu'émettent ses plus fortes anodes³. Ne subsistent ainsi finalement que quelques **foyers** anodiques d'autant plus actifs que leur "anodicité" propre s'accroît de celle des cratères de corrosion⁴.

Anodes et cathodes sont parfois si proches les unes des autres, qu'on arrive mal à les distinguer. Mais l'anode peut se situer assez loin de la cathode, ainsi qu'il arrive lorsqu'une canalisation "recoupe" 2 strates de terrains de natures physico-chimiques nettement différentes, avec lesquelles — et par le sol intermédiaire s'il existe — elle forme une "pile géologique". Des piles de 100 à 400 millivolts sont ainsi souvent décelées avec des débits de plusieurs centaines de milliam-pères. Or, 1 milliampère peut "dissoudre" 1,16 centimètre cube de fer ou de cuivre par an.

En somme : les "différences" du milieu en oxygène et électrolytes, à la surface même du métal, y engendrent des "piles" qui fonctionnent selon le schéma ci-contre. L'oxygène créant un appel d'électrons aux cathodes C, ces électrons arrivent en flux de l'anode A où, corrélativement et simultanément tout atome de fer qui a abandonné ses 2 électrons périphériques est passé en **solution** à l'état d'ions Fe^{++} . Les anions ($SO_4^-, Cl, OH...$) produits aux cathodes à partir des électrolytes, de l'eau, de l'oxygène et des électrons fournis par l'anode, migrent vers celle-ci; mais ils rencontrent les ions Fe^{++}



1. Cette distribution varie souvent d'une manière **saisonnière**, par le jeu alterné de certaines bactéries aérobies et anaérobies du sol (conséquence des variations de température et d'humidité du sol).

2. Le potentiel est le résultat de l'équilibre entre les ions et les électrons cédés ou captés par le métal. Les "potentiels métal-sol" extrêmes relevés par temps moyens, en terrains francs non pollués, par **Le Tube d'Acier**, au cours de nombreuses mesures faites avec son électrode spéciale (voir page 35) sont :

— 0,292 volt, dans un calcaire séquanien; — 0,738 volt, dans une argile sparnacienne.

3. Voir plus loin (page 35) le principe de la Protection Cathodique.

4. Evans a parfaitement montré que les cavités sont anodiques par elles-mêmes (ce qui explique entre autres choses pourquoi la corrosion se concentre en quelques cratères à bords "cathodisés" sains).

avec lesquels ils se combinent, constituant ainsi un produit de corrosion plus ou moins soluble.

On parle d'ailleurs plus communément de "courant" que de mouvement d'électrons, le sens dudit courant étant celui de l'ion-métal entrant dans l'électrolyte : « Le métal suit le courant que l'anion remonte. » Conventionnellement le courant circule donc à l'inverse du flux des électrons dans le métal. **La corrosion apparaît ainsi comme la conséquence d'une sortie de courant.**

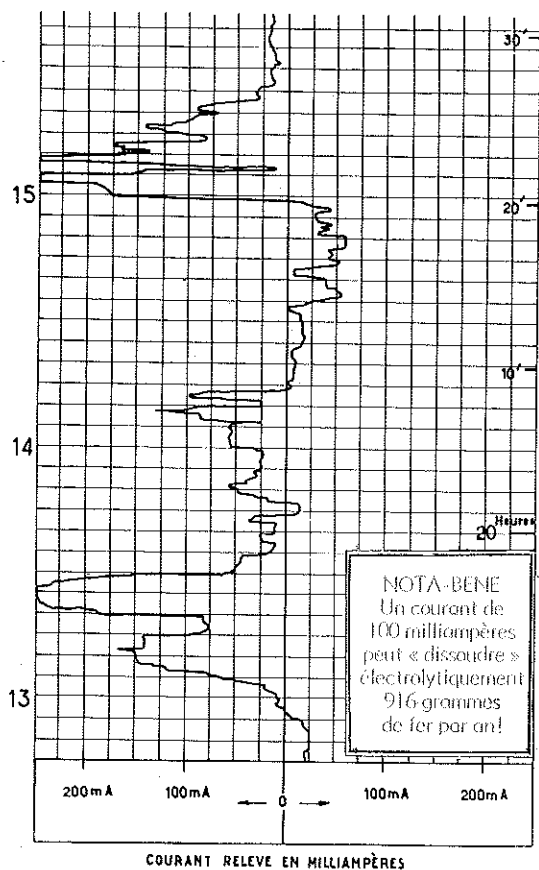
CORROSION ÉLECTROLYTIQUE

Tous les cas précités se ramènent peu ou prou au phénomène "pile" où le courant résulte des réactions chimiques. Dans le cas **inverse** du courant cause des phénomènes électrochimiques

"l'anion remonte encore le courant" pour apparaître à la surface de l'anode qu'il attaque. C'est même ce phénomène qui a permis de définir l'unité internationale de quantité d'électricité : le Coulomb, qui "déplace" 1,118 mg d'argent.

Les corrosions électrolytiques qu'on observe sur les canalisations souterraines de toutes natures (conduites d'eau, de gaz et d'hydrocarbures; câbles électriques et téléphoniques, etc...) et sur les importantes structures métalliques enterrées au voisinage des voies ferrées électrifiées : traction S.N.C.F. 1.500 volts continu, tramways, traction de mines, halage de péniches, etc., sont précisément dues aux intenses "solllicitations"¹ de ces voies qui modifient grandement le "potentiel métal-sol" desdites canalisations et structures.

Par suite de l'humidité foncière de certains lieux, des dispositions locales de certaines plates-formes (voies en déblai), d'éclissages et de connexions de rails plus ou moins efficaces, etc, etc..., les voies fortement **positives** entre sous-stations génératrices, lors du passage des trains², provoquent d'importantes entrées de courant — parfois jusqu'à 10 % du courant total de traction — dans les canalisations souterraines voisines et ces "**courants vagabonds**" intrus ont évidemment



tendance à sortir des canalisations là où elles se rapprochent le plus desdites sous-stations, là où la voie reste généralement négative³. Les canalisations surtout si elles sont parallèles à la voie, constituent évidemment d'excellents circuits de retour de courant. Le diagramme ci-dessus, relevé à l'ampèremètre-enregistreur dans une coupure de 40 centimètres de long d'une canalisation vidée de son eau longeant à 300 mètres de distance une voie ferrée électrifiée est révélateur du phénomène.

1. Certaines sont encore sensibles et mesurables à plusieurs kilomètres de distance de la voie électrifiée.
2. En traction 1.500 volts continu, on mesure couramment 30 à 40 volts entre rail et sol et même le double lorsque des trains lourds et rapides se croisent.
3. A noter qu'au droit d'une sous-station momentanément arrêtée, la voie alors alimentée par une sous-station éloignée devient ipso-facto positive.

Où du courant quitte la canalisation pour retrouver le sol, il y a corrosion.

Le même phénomène peut résulter de contacts ou de mises à la terre intempestifs (distribution de courant continu par "ponts"; fils ou points "neutres" mis à la terre), ou accidentels (de certains appareils d'électrochimie ou d'électrometallurgie, notamment).

En résumé : en dehors des courants vagabonds qui n'affectent somme toute qu'une minime partie du territoire national, les corrosions des canalisations enterrées de tous genres sont dues :

- au noyage ou à l'humidité persistante du sol (marécages);
- à sa pauvreté locale en oxygène (sol lourd);
- à certains minéraux y contenus (pyrites, par exemple);
- aux "électrolytes" (acide humique, sels) qui : d'une part, diminuent la résistivité du sol et favorisent ainsi la circulation des courants de corrosion, d'autre part, libèrent leurs anions corrodants (SO_4^+ , Cl, notamment) au contact même des canalisations,
- aux activités microbiologiques plus ou moins saisonnières du sol;
- aux "apports" étrangers qui sont le fait de l'homme : **escarbilles**, scories, cendres et mâchefers sulfureux; plâtras de démolition; déchets métalliques et ferrailles; composés organiques ammoniacaux et chlorurés (**purin**), sulfurés; eaux vannes en général, etc.); **matières putrescibles**, etc..., tous apports aussi "conducteurs" que corrosifs.

PLUS LE SOL SERA LOURD, COMPACT ET HUMIDE, ACIDE OU SALIFÈRE, ET EN GÉNÉRAL MOUILLÉ ET SOUILLÉ, PLUS SA RÉSISTIVITÉ SERA FAIBLE !

Aussi bien est-il fort utile de déterminer la résistivité "in situ" du sol même que traversera telle canalisation projetée.

Le **Brosimètre**², sonde à 2 électrodes [1] et le **Pont de Kohlrausch** [2] qu'on voit sur la photo ci-contre, permettent de déterminer commodément, avec précision et rapidité, les résistivités "naturelle" et "minimum" d'un **sol en place** à profondeur de pose, sans altérer ses structures et caractéristiques foncières (degrés de compacité, d'aération, d'humidité, etc...). On saisit l'importance de ces "études géoélectriques préalables"³ sachant que les résistivités des sols français s'échelonnent **de moins de 100 à plus de 100.000 ohm-cm** quand on passe des "polders" aux "sables" et que, toutes choses égales d'ailleurs, la statistique révèle que **les corrosions sont d'autant plus nombreuses et sévères que les résistivités sont plus basses**. Grosso modo : tout sol de **résistivité naturelle** comprise entre 2.000 et 2.500 ohm-cm (à la base habituelle de 18° C) doit être tenu pour suspect; **tout sol au-dessous de 2.000 ohm-cm est corrosif et d'autant plus que sa résistivité est plus basse**⁴.

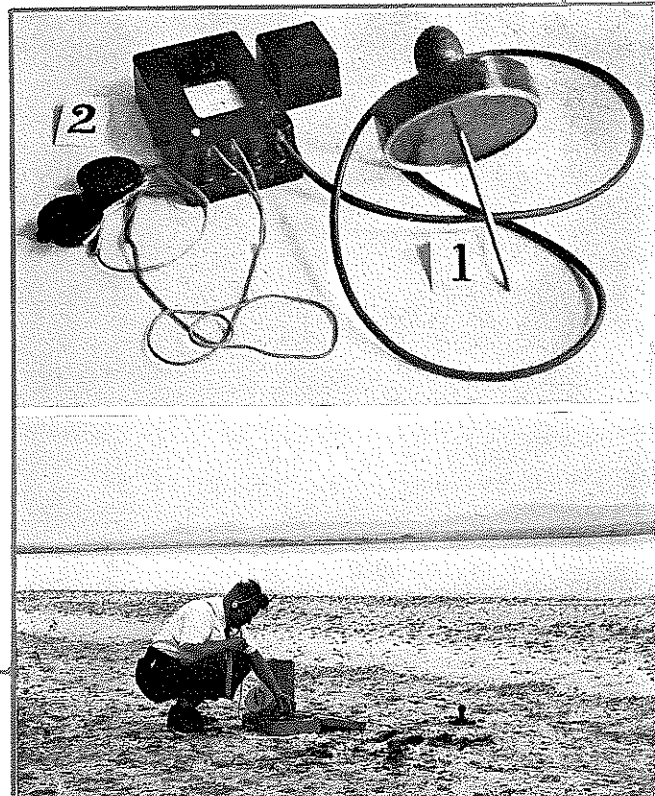
1. Dans la plupart des cas (entre pH 3 et 9,5), haute résistivité signifie cathode et corrélativement, basse résistivité, anode. C'est pourquoi plus des 4/5^e des corrosions se produisent dans l'argile.

2. De *αναβρωσις* : corrosion.

3. Qui coûtent peu (0,1 à 1 pour 1.000 du prix des canalisations) et se font vite (10 à 20 km de tracé prospecté par jour).

4. Sols très alcalins mis à part (cas spéciaux).

ÉTUDE BROSIMÉTRIQUE D'UN "Merdja" (Afr. du Nord).



ANTI-CORROSION

LA CORROSION DES CANALISATIONS ÉTANT DUE A L'ABSENCE DE FILM POLARISANT ET D'UNE MANIÈRE GÉNÉRALE AUX " SORTIES DE COURANT ", ON FERA DE L' " ANTI-CORROSION " EN INTERDISANT TOUTE SORTIE DE COURANT DE LA CANALISATION VERS LE SOL, TOUT EN RÉTABLISSANT DE SURCROÏT LE FILM POLARISANT.

DRAINAGE (Principe).

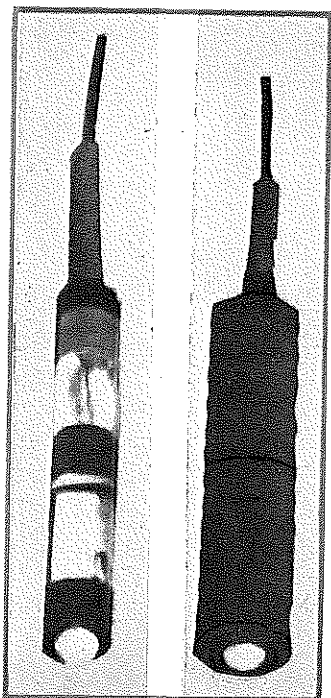
L'expérience, confirmant le bon sens, prouve que la corrosion " électrolytique " cesse dès qu'on ramène intégralement à sa source (génératrice) le courant vagabond **intrus**, au moyen d'une **connexion**¹ aussi directe que possible. On arrive ainsi à " drainer " des courants considérables, par exemple : « *En 1950, un débit moyen de 100 ampères environ* »² sur le réseau des pipe-lines de gaz naturel (60 Hz) de la Régie Autonome des Pétroles; par tel drainage polarisé, installé près de Toulouse, et commun à G.D.F., R.A.P. et P.T.T.³ : 200 ampères en moyenne et jusqu'à 500 en pointe.

PROTECTION CATHODIQUE (Principe).

On peut interdire la corrosion en " bloquant " l'ensemble des courants de sortie de la canalisation vers le sol, par un flot inverse de " courant protecteur " plus fort. Cette pratique s'appelle la PROTECTION CATHODIQUE.

La théorie et l'expérience ont conduit à prendre comme **critère pratique** de la Protection Cathodique du fer dans les limites de pH habituelles en l'espèce (c'est-à-dire 3 et 9,5) le " potentiel métal-sol " de $-0,85$ volt par rapport à l'électrode Cu/CuSO_4 , ce qui correspond à $-0,51$ volt par rapport à l'électrode normale d'hydrogène. Il est de fait que le potentiel d'équilibre du fer connecté (cathode) dans l'eau pure de pH 7 est de $-0,49$ volt par rapport à l'hydrogène, mais, dans la nature, les conditions différant parfois sensiblement de la " théorie " ou de la " moyenne " on s'est aperçu que si des sols calcaires, secs, aérés, peuvent relever le potentiel du fer de 30 millivolts, par contre des sols où abondent certains ions ou microbes activants peuvent localement l'abaisser du double.

L'électrode au cuivre ayant une certaine instabilité, la Société LE TUBE D'ACIER a mis au point pour son propre usage, une électrode au mercure ($\text{Hg}/\text{Hg}_2\text{Cl}_2/\text{KCl}_{\text{sat.}}$) qu'on voit sur les photographies ci-contre : nue (pour le laboratoire); gainée de caoutchouc " antichoc " (pour le terrain).



1. Une connexion entre une voie ferrée électrifiée et une canalisation souterraine n'est possible qu'en entente avec l'exploitant de ladite voie et les autres occupants du sous-sol voisin. La dérogation à l'article 104 de l'arrêté interministériel du 3 avril 1935 doit être demandée à la « Direction du Gaz et de l'Electricité », 8, rue Edouard-VII, Paris (9^e).

2. Communication de M. J. Callais au Congrès du Gaz 1951.

3. Nécessité et avantage des ententes et comités en l'espèce.

4. $\text{Fe}^{++} + 2e \rightarrow \text{Fe}$

$2\text{H}^+ + 2e \rightarrow \text{H}_2$

Cette électrode spéciale, très conductive, donne toute satisfaction par sa constance et sa précision (± 3 millivolts). Compte tenu de ce qui précède, de l'écart cuivre/mercure de 60 millivolts, de la correction de température éventuelle, les critères de protection de cette électrode entre pH 3 et pH 9,5 sont :

- 0,74 volt en sol neutre aéré;
- **0,77 volt en sol ordinaire;**
- 0,83 volt en sol " activé ",

recoupant les " contre-potentiels " de $-0,272$ à $-0,291$ volt¹ qui " stoppent " la corrosion du fer dans les milieux aqueux communément rencontrés.

Il est généralement admis que la Protection Cathodique est utilisée à titre supplétif éventuel et non pour remplacer purement et simplement les moyens habituels de protection : le revêtement des canalisations notamment. Revêtement, descente en fouille, remblayage contigu en sol meuble et homogène doivent donc toujours être faits selon les Règles de l'Art, la Protection Cathodique n'étant utilisée que pour interdire la corrosion en zone dangereuse (sols de " résistivité naturelle " inférieure à 2.000 ohm-cm), aux quelques endroits où le revêtement aurait pu être accidentellement dégradé au cours des opérations finales de pose.

On peut être tenté, par souci d'économie, de ne mettre qu'un revêtement léger sur les canalisations posées dans les zones jugées les moins dangereuses. En faire ainsi, serait oublier que « *les anodes répondent aux cathodes* » et que si la corrosion est due au courant qui " sort " d'une petite anode, ce courant est d'abord " entré " quelque part et souvent par une très large cathode. Or **le revêtement est le seul moyen, simple et pratique qu'on a de réduire le courant qui entre.**

Comme d'autre part l'état électrique du " système canalisation-sol " peut largement évoluer dans le temps, par suite de modifications ultérieures locales : électrification; pollution du sol par des résidus d'industries : chimiques et agricoles (distilleries, laiteries) notamment; relèvement de nappes phréatiques, etc..., etc..., on voit qu'il est sage de n'utiliser qu'un seul et même bon revêtement², d'autant qu'on interdit ainsi toutes méprises de destination au cours de la distribution des tubes à pied d'œuvre³.

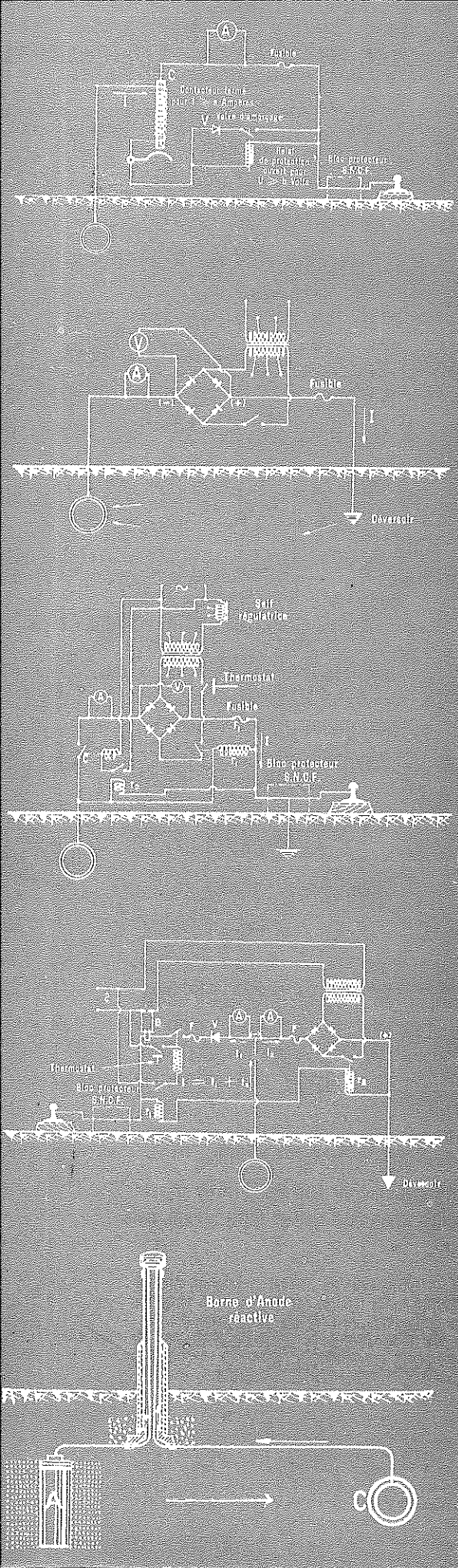
Cette systématisation permet d'ailleurs de tendre vers l' " équipotentialité " et d'autre part de réduire considérablement le " courant protecteur " (parfois dans la proportion de 1.000 à 1 : où il eut fallu naguère 50 milliampères par m², 50 microampères suffisent aujourd'hui); ainsi on ne risque pas d'affecter le bon fonctionnement des installations souterraines voisines, car une protection cathodique trop intense engendre inévitablement des courants vagabonds; c'est si vrai qu'on a parfois été obligé d'utiliser moins de courant que nécessaire pour ne pas risquer d'indésirables effets sur les structures enterrées du voisinage. Dans ce même ordre d'idées on tend de plus en plus aux U.S.A. à systématiser l'emploi des bons revêtements dans toutes les régions où la Protection Cathodique se développe ou est susceptible de se développer. Au reste il ne faut pas oublier que l'isolement effectif R que peut donner un revêtement dans un sol de résistivité ρ est fonction d'un facteur pratique k propre audit revêtement puisqu'il dépend de ses **nature, structure et qualité d'exécution** $R = k\rho$. L'ingénieur qui pratique l' " Anticorrosion " sait combien il est aisé d'opérer avec des revêtements à R/ρ élevés qui " portent " loin; et combien il est difficile et parfois précaire de le faire dans le cas contraire⁴.

1. $-0,77 = -0,28$ (Hg) $-0,20$ (Fe) $-0,29$ de contre-potential (voir page 31).

2. De récents travaux scientifiques ont révélé l'action des bactéries " cellulolytiques " du sol. Ceci va contre l'emploi de la cellulose dans la confection des revêtements.

3. On aura d'ailleurs toujours avantage à le renforcer sur place " à la sangle " (voir page 22) dans les traversées de bourbiers ou de cloaques qu'on trouve toujours çà et là au cours de la construction d'un réseau de canalisations souterraines. L'incidence de ces quelques renforcements **locaux** sur le prix d'ensemble est infime.

4. Portées de l'ordre du kilomètre d'une part, de l'ordre du mètre de l'autre.



Les schémas ci-contre montrent de haut en bas :

— **Le drainage polarisé.** Si le "drainage" est le moyen de ramener la totalité des courants "intrus" à leur source, encore faut-il que la connexion de drainage fonctionne "unidirectionnellement"; c'est pourquoi on la munit d'un système "disjoncteur-conjoncteur" qui la coupe dès que le courant vagabond s'inverse pour la rétablir dès qu'il reprend son sens antérieur.

— **La protection par redresseurs.** 4 "redresseurs" à valves Sélénium-Fer, alimentés par transformateur, sont montés de manière à donner un flux **continu** allant du "dérivatoire" D qui se corrode (anode) à la conduite protégée (devenue cathode).

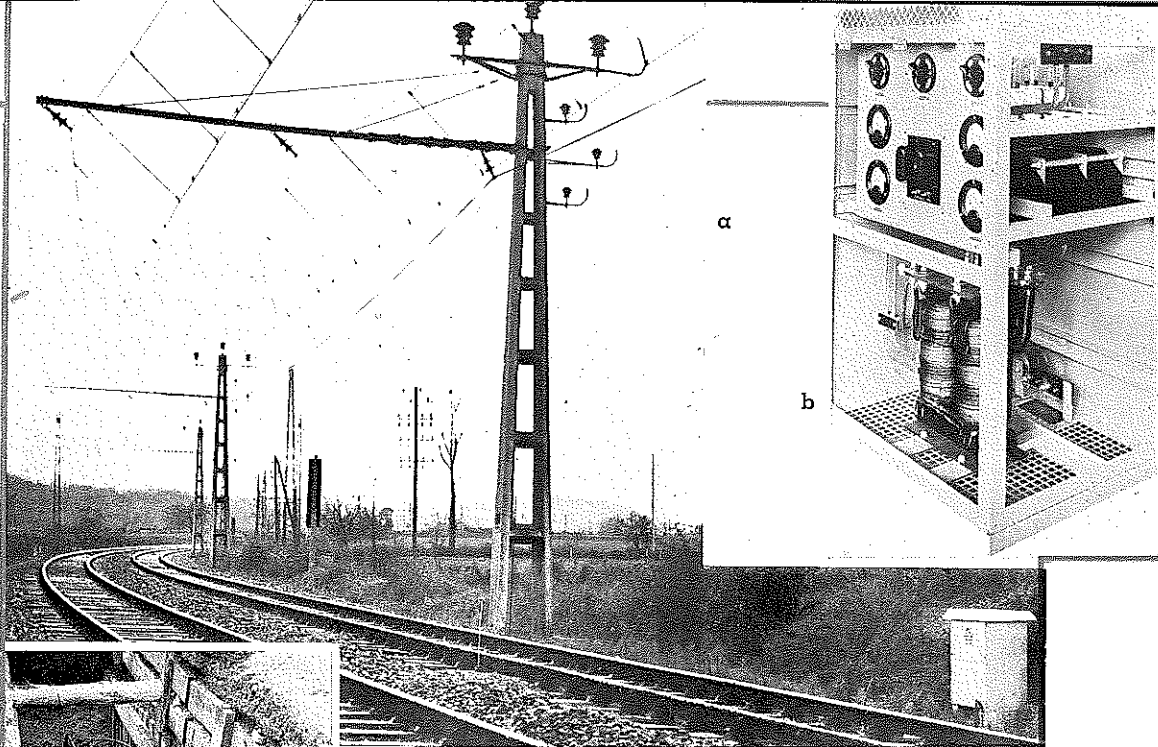
N. B. — Si la conduite est munie d'un bon revêtement, ce procédé peut la protéger contre les petits flux de courants vagabonds, qu'on rencontre à une certaine distance des voies ferrées électrifiées.

— **Le soutirage de courant.** On **soutire** de la canalisation un courant **variable** qui ne doit jamais être inférieur à celui qui — compte tenu des sollicitations de la voie électrifiée — a été calculé pour "passiver" effectivement la canalisation.

— **Le "montage compound"** (Brevet G.D.F.). Ce système apporte la **solution complète** de la protection des canalisations enterrées au voisinage même des voies ferrées.

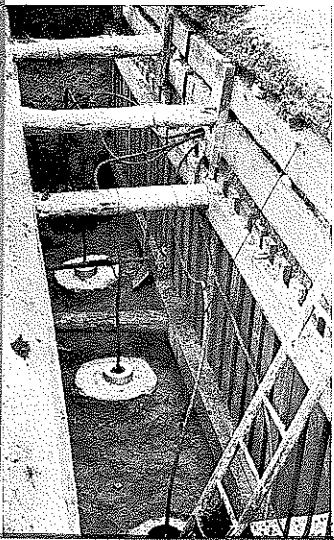
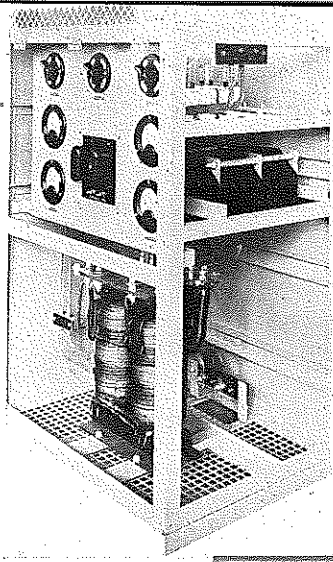
Comportant un drainage par valves et un redresseur, "compoundés" en "push-pull", il combine en effet au mieux les effets des systèmes précédents.

— **La protection par anodes réactives.** Anodes en "magnésium allié", placées au sein d'un électrolyte approprié, qui permettent de créer, avec toute une conduite devenue cathode, une gigantesque pile de force électromotrice relativement élevée et surtout **pratiquement indépendante du pH des sols communément rencontrés**, pile dont le débit est et restera minime si le revêtement de la conduite est de bonne qualité. **Ces anodes, qui sont capables de fournir 1 Ampère-heure par gramme de magnésium consommé** agissent sans le moindre mécanisme et sont dans une large mesure "autorégulatrices". Aussi s'appliquent-elles bien dans le domaine Rural où l'on n'a généralement à contrebalancer que la corrosion électrochimique par le sol.

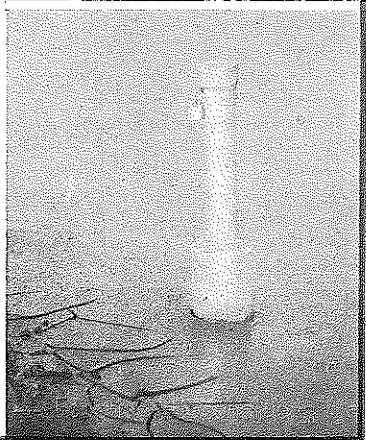


α

b



c



d

↑
POSTE DE SOUTIRAGE
α
EN PLACE
EN BORDURE DE VOIE FERRÉE
ELECTRIFIEE
b
VUE INTERIEURE DU MEME POSTE

ANODES REACTIVES.
c
ANODES DE PROTECTION
D'UN FEEDER DE GAZ
de diamètre 1.000 mm.
d
BORNE D'ANODE
POSÉE EN BORDURE DE MARAIS
(pour contrôle périodique).

COUT DE LA PROTECTION CATHODIQUE

Premier établissement. — Fonction de conditions d'application, qui peuvent largement différer d'un cas à l'autre, il est variable, mais de toute manière **compte peu par rapport à celui de l'ouvrage neuf protégé** : il ne majore le Devis "Canalisation" que de 0,25 % dans les cas favorables; 1,50 % dans les moins bons, 1 % au plus en moyenne. Les canalisations souterraines en acier se prêtent on ne peut mieux, à la Protection Cathodique¹ du fait :

- de leur **isolement** électrique du sol dû à leur revêtement;
- de leur grande **conductibilité** électrique longitudinale (conduites soudées "monobloc").

Exploitation. — Les anodes durent plusieurs années : de 5 à 20 suivant leur poids et la corrosivité du lieu. Quant à l'énergie électrique de protection dans les systèmes qui y font appel, sa consommation reste relativement faible et partant peu coûteuse².

1. Le congrès international des "Journées sur la Corrosion des Métaux" (Paris, octobre 1947), a clairement mis en évidence l'importance du rapport r/R des résistances ohmiques unitaires longitudinale (tube) et transversale (revêtement) d'une canalisation enterrée. Plus ce rapport est petit, plus la Protection Cathodique est facile et économique.

2. Une statistique récente portant sur un ensemble de 30.000 tonnes de tubes protégés cathodiquement contre l'action électrochimique des sols et les courants vagabonds donne pour amortissement, surveillance, entretien et énergie consommée un coût annuel de 0,2 % de la valeur globale d'installation de ces 30.000 tonnes de canalisations.

EXEMPLES DE PROTECTION CATHODIQUE

Depuis six ans, la Protection Cathodique s'est rapidement développée en France, puisqu'elle porte effectivement sur **3.000 kilomètres** de canalisations souterraines; de nombreuses études et installations nouvelles de P. C. étant d'ailleurs en cours.

1946

PIPE-LINE D'ESSENCE

LA COURNEUVE-SAINT-DENIS : 4.500 mètres de \varnothing 273 mm (anodes réactives).

1948

FEEDER BASSE PRESSION

GENNEVILLIERS-SAINT-OUEN : 4.150 mètres de \varnothing 1.000 mm (anodes réactives).

1948 - 1949

PIPE-LINES DE GAZ NATUREL HAUTE PRESSION DE LA REGIE AUTONOME DES PETROLES

Protection contre les « courants vagabonds » de traction de 870.000 m de canalisations de \varnothing 100 à 300 mm par 13 drainages sur rail, et 24 soutirages, dont 4 sur rail et 20 sur prise de terre.

1949 - 1952

FEEDERS DE GRAND TRANSPORT DE GAZ DE FRANCE

1.300.000 m protégés par une centaine d'installations : « drainages », « soutirages », « compounds » et « anodes réactives ».

RÉGION PARISIENNE

ALFORTVILLE - CHOISY — CREIL - CLERMONT — CREIL - MONTATAIRE — BRUNOY - MONTGERON
VILLENEUVE-SUR-YONNE - MORET — CHOISY-LE-ROI - VILLENEUVE-SAINT-GEORGES — SENS - JOIGNY
CORBEIL - BALLANCOURT — PONT-DE-SURESNES

DIVISIONS GAZIÈRES

NORD

BOULOGNE - ÉTAPLES — BOURBOURG - DUNKERQUE — EU - LE TRÉPORT - ABBEVILLE — AVESNES - HIRSON
WATTRELOS - MOUSCRON — VALENCIENNES - LOURCHES — HASPRES - LOUVROIL
MAUBEUGE - JEUMONT - LE TITRE - HESDIN — BERCK-ÉTAPLES, etc.

EST

SARREGUEMINES - NANCY — LUNÉVILLE - BACCARAT — SEDAN - CHARLEVILLE — LANEUVEVILLE,
CENTRE-EST

SAINT-ROMAIN - LE PUY — LONS-LE-SAUNIER - REVIGNY — CHAMBÉRY - AIX-LES-BAINS
ÉTIVALLIÈRE - SAINT-JULIEN — FIRMINY - FRAISSE — FEEDER DU FOREZ.

SUD-EST

CEINTURE DE NIMES-QUEST — MARSEILLE - AUBAGNE

SUD-OUEST

TARBES - BAGNÈRES

OUEST

CAEN - TROUVILLE — TROUVILLE - PONT-L'ÉVÊQUE — VANNES - AURAY — CAEN - MONDEVILLE
CAEN - HERMANVILLE - SAINT-AUBIN-SUR-MER — YVETOT-CAUDEBEC — BERNAY - BRIONNE
LILLEBONNE - BOLBEC - FÉCAMP

CENTRE-OUEST

MAINTENON - ÉPERNON — ORLÉANS (ville) — ORLÉANS - BEAUGENCY — VIERZON - BOURGES

RÉSEAUX DE DISTRIBUTION DE PROPANE

SAINT-HIPPOLYTE-DU-FORT, VALOGNES, NEUFCHATEL-EN-BRAY, LANGON, FALAISE

350.000 m de CANALISATIONS DIVERSES

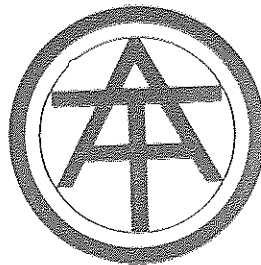
SYNDICATS INTERCOMMUNAUX DES EAUX

d'ARNAY-LE-DUC	Côte-d'Or	Sur 2 tronçons du refoulement syndical	anodes réactives
des THUITS	Eure	Refoulement (3.000 m de 150 mm)	anodes réactives
de la MONTAGNE-NOIRE	Aude	64.000 m de conduites d'adduction	4 redresseurs
de la DHUY	Isère	Sur siphon haute pression de 200 mm	anodes réactives
de la PLAINE DE LUÇON	Vendée	62.200 m d'adduction en 450 - 475 - 500 mm	anodes réactives
et de LA ROCHELLE NORD	Char.-Marit.	26.500 m de dérivations en 100 - 150 mm	anodes réactives
de PLEUDIHEN-LA VICOMTÉ	Côtes-du-Nord	22.000 m de 40 à 150 mm	anodes réactives
de la VALLÉE DE L'HÉRAULT	Hérault	Refoulements : 26.800 m de 175 - 200 - 250 mm	redresseur
de la RIVE CAUCHE DE L'ORB	Hérault	Refoulement et Adduction (13.000 m)	redresseur
SERVICES DES EAUX DES VILLES			
de MANOSQUE	Basses-Alpes	Refoulement (5.000 m de 350 mm)	anodes réactives
des SABLES-D'OLONNE	Vendée	Refoulement (1.200 m de 350 mm)	anodes réactives
de LANNEMEZAN	Htes-Pyrénées	52.000 m de canalisations (eau et gaz)	3 drainages-soutirages

*LA COMBINAISON REVÊTEMENT — PROTECTION CATHODIQUE,
TRIOMPHE DANS LE MONDE ENTIER, OU LA LUTTE CONTRE
LA CORROSION PASSE AU PREMIER PLAN, MÊME DANS LES PAYS
LES PLUS RICHES EN MÉTAUX.*

*MOYEN DE SAUVEGARDE DU PATRIMOINE NATIONAL, ELLE
PEUT SERVIR UTILEMENT L'ÉQUIPEMENT DU PAYS.*

3-6-52 — R. B.



Photographies de R. BEZAULT, Robert DOISNEAU, NEUBERT-HORAK, YAN et Collection "Le Tube d'Acier"
Clichés des Ateliers de Photogravure COURMONT
Typographie des Ets BUSSON

