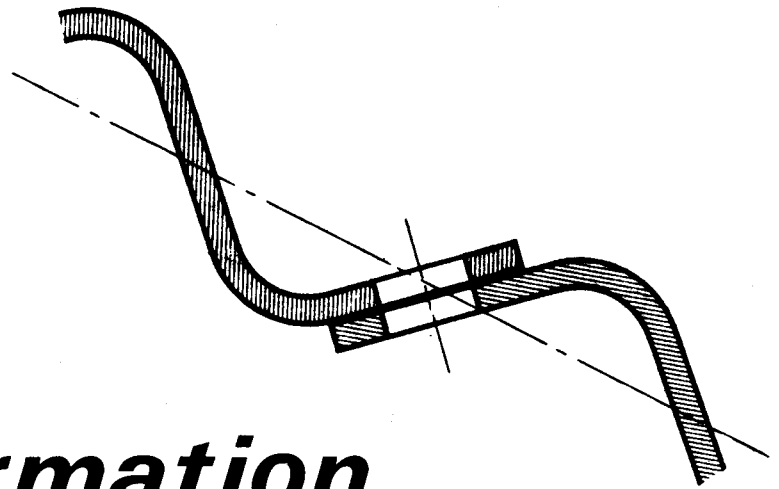
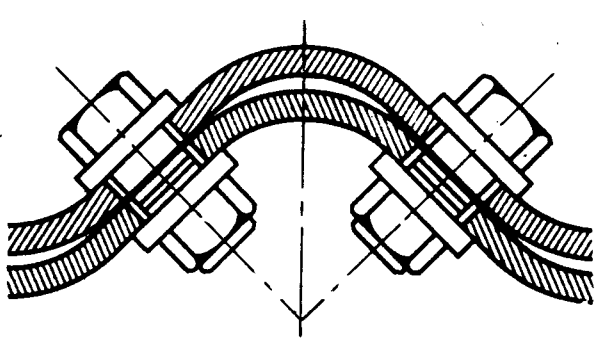


**OUVRAGES
HYDRAULIQUES**

SETRA
DIVISION
DES
OUVRAGES D'ART B

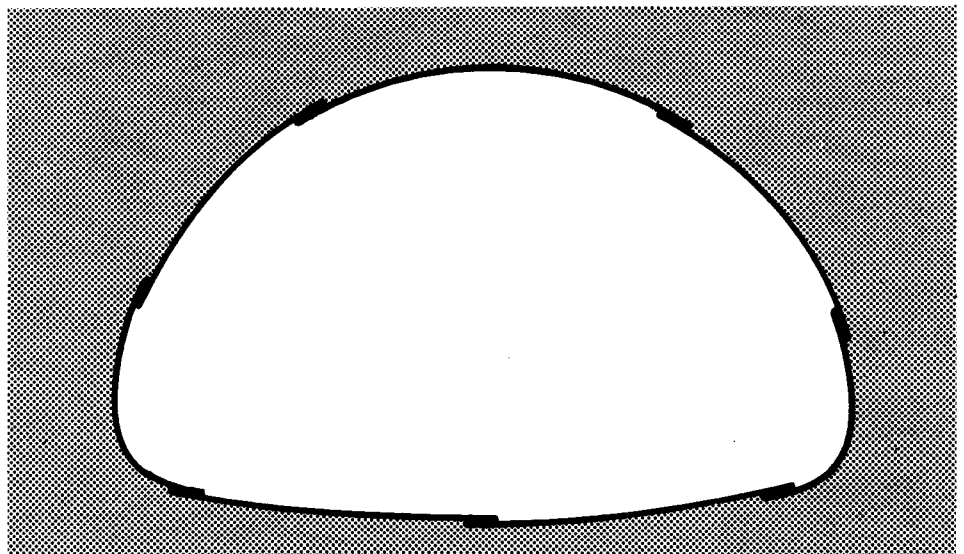
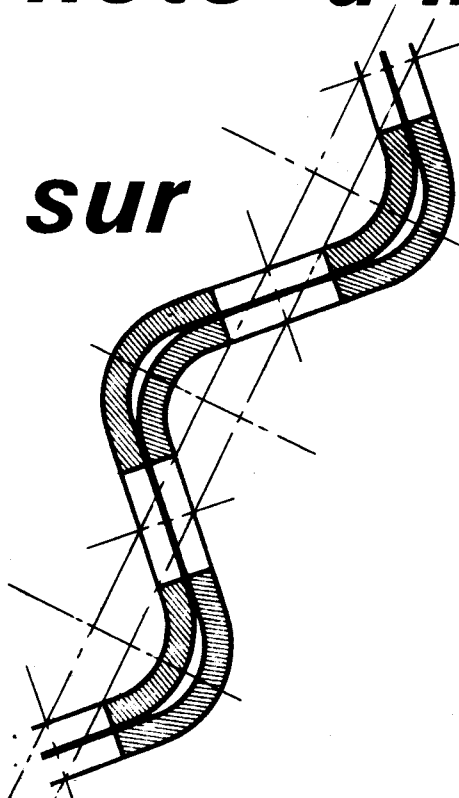
APa.71



note d'information

sur

les buses ARVAL



MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT ET DU LOGEMENT
Direction des routes et de la circulation routière

Ministère de l'Équipement et du Logement
SERVICE D'ÉTUDES TECHNIQUES DES ROUTES ET AUTOROUTES

46, AVENUE ARISTIDE BRIAND - 92 BAGNEUX - TÉL 655 42 42

APa.71

Buses métalliques de grandes dimensions

Dossier-pilote OH-APa 64

C.P.S. type "Aqueducs métalliques préfabriqués"

NOTE D'INFORMATION

Mise à jour provisoire (N° 1) des documents types ci-dessus

M LAURAS	ITPE	(DIVISION DES OUVRAGES D'ART B)
J.C. LERAY	IPC	
A. ROUX	ITPE	(DIVISION DES MARCHÉS ET PRIX)
R. GABILLON	IPC	

AOÛT 1971

1. OBJET

La présente note a pour objet de constituer une mise à jour commune du dossier-pilote OH-APa daté de Septembre 1964 et du C.P.S. type « Aqueducs métalliques préfabriqués » (appelé plus brièvement dans la suite du texte C.P.S.T.) daté du 15 Octobre 1966 (édition provisoire), en attendant de nouvelles éditions de ces documents.

Ceux-ci concernent des conduits flexibles en tôle d'acier, composés de plaques rectangulaires ondulées et cintrées, reliées entre elles par boulonnage suivant des lignes de joints multiples ; ces conduits sont noyés dans le remblai et l'ensemble constitue un ouvrage mixte métal-remblai. Dans les documents-types ci-dessus on trouve la description des buses, l'indication des dispositions à respecter, des éléments pour leur dimensionnement, et des conseils pour la mise en œuvre, compte tenu de l'expérience acquise en ce domaine.

Jusqu'à ces dernières années, l'expérience en matière de buses métalliques était surtout américaine, et la fabrication européenne s'en était très largement inspirée ; par voie de conséquence les documents-types n'avaient envisagé que les dispositions correspondantes.

Leur mise à jour est devenue nécessaire du fait de l'apparition sur le marché de nouveaux modèles de buses métalliques de grandes dimensions, que l'on ne doit plus ignorer lors de l'établissement des projets et des marchés.

Il s'agit principalement de la buse ARVAL Multijoint, production française d'ARBEL INDUSTRIE et VALLOUREC, et dont le concessionnaire exclusif en France est la Société DAVUM ; cette fabrication est produite industriellement depuis Mai 1970. Cette seule production est mentionnée dans la présente mise à jour ; mais les principes dont elle s'inspire permettront d'envisager de même l'utilisation en France d'autres marques qui seraient présentées avec des précisions, garanties et références suffisantes.

2. PRÉSENTATION DES BUSES « ARVAL »

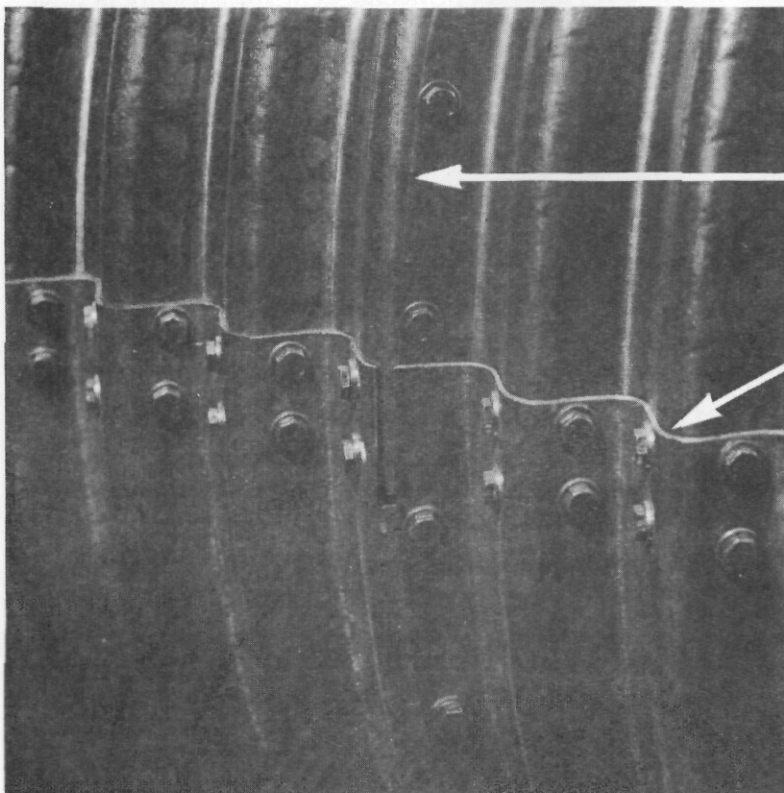
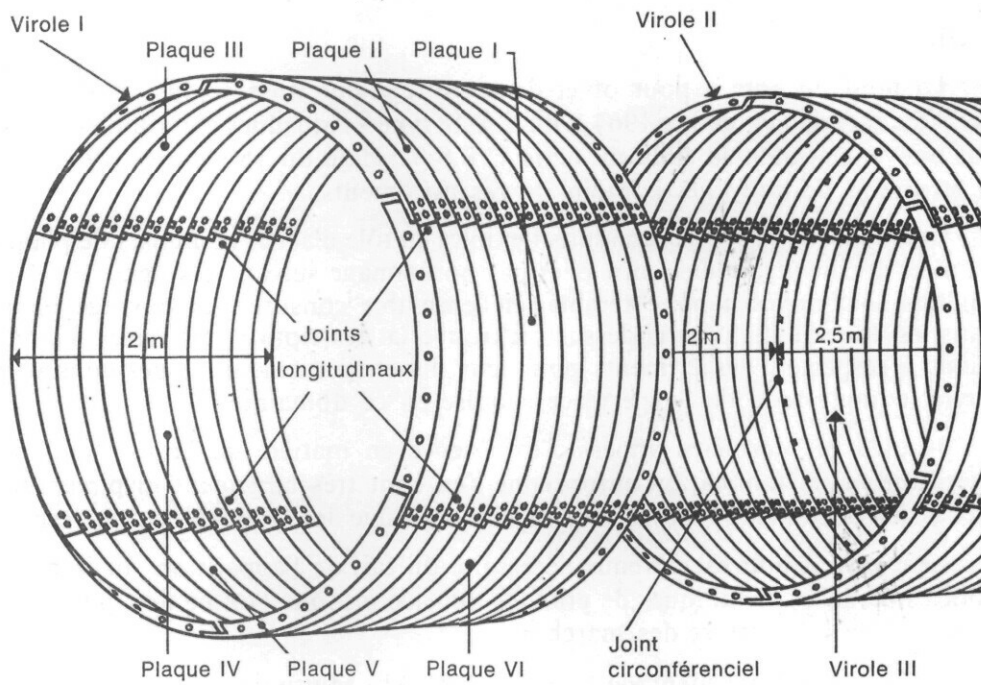
Ce nouveau type de buse, assez semblable dans son ensemble aux autres types couramment utilisés, en diffère cependant sur certains points, notamment sur la disposition des joints. Ces derniers sont, en effet, conçus et réalisés de manière que leur résistance propre ne soit pas notablement inférieure à celle d'une section en pleine tôle, ce qui permet de tirer le meilleur parti des plaques utilisées en leur donnant l'épaisseur strictement suffisante pour résister aux efforts développés en section courante.

Ce procédé d'assemblage est breveté et a fait l'objet d'essais qui se sont révélés satisfaisants. Par ailleurs, le procédé offre des facilités particulières d'exécution en permettant un pré-montage sur place par anneaux ou viroles, qui seront ensuite assemblés (ce pré-montage n'est cependant pas impératif, notamment pour les grands diamètres).

La protection des tôles vis à vis de la corrosion est assurée grâce à une galvanisation par trempé à chaud, la masse minimale de zinc garantie étant de 900 g/m² double face, ce qui correspond à une épaisseur de 60 microns environ sur chaque face.

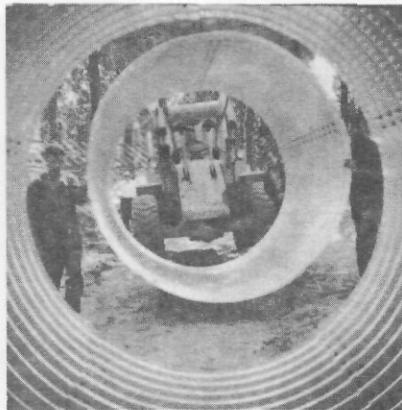
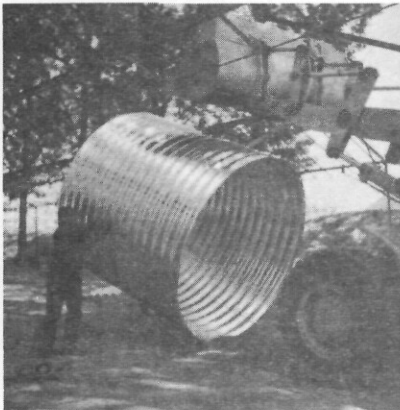
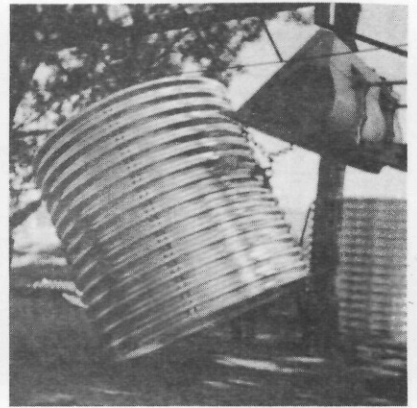
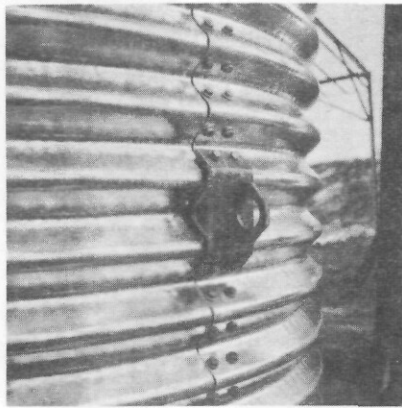
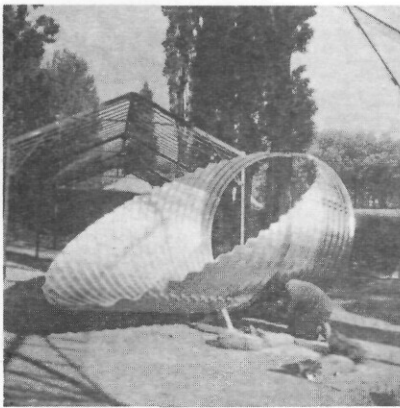
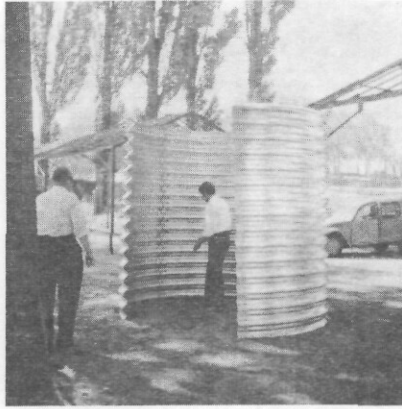
Pour la définition des caractéristiques géométriques et mécaniques ainsi que des normes générales de cette fabrication, on consultera le recueil technique spécialement édité à cet effet par DAVUM, en date du 1.1.70, et qui sera tenu à jour au fur et à mesure de l'évolution de la fabrication.

Les schémas ci-dessous, extraits de ce recueil, ainsi que les photos qui les accompagnent, montrent clairement les dispositions adoptées.



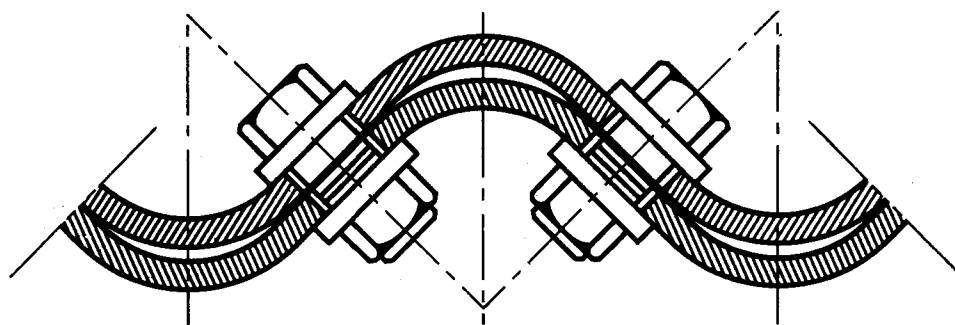
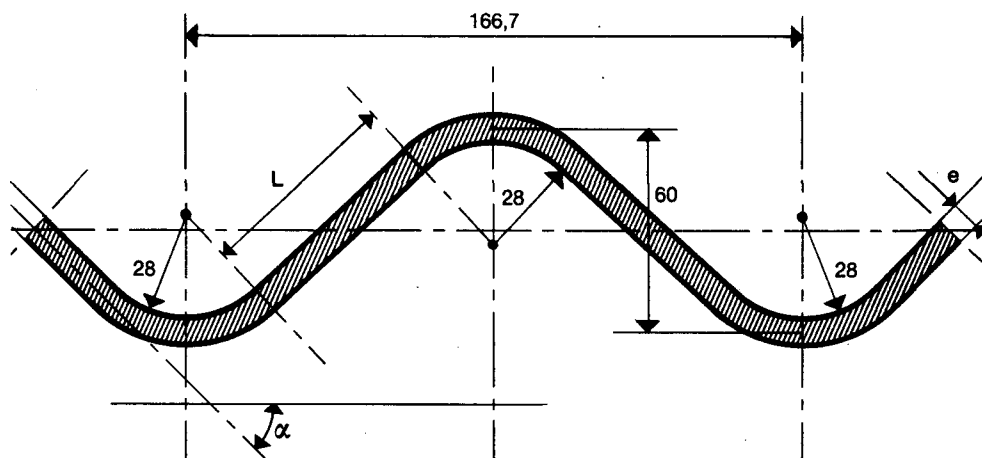
Joint circconférenciel

Joint longitudinal



Vues du montage d'une buse ARVAL, de 2,50 m de diamètre, montrant les différentes phases.

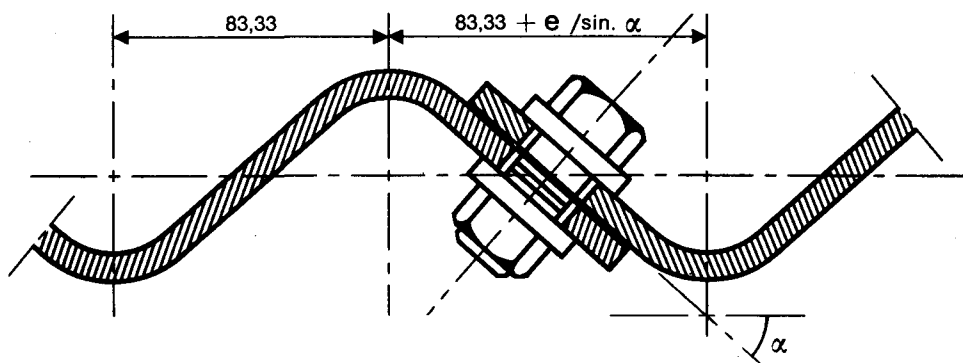
Détail d'une onde



Joint longitudinal

Boulons \varnothing 14 mm } PLAQUES DE 2,5 mm
 Perforation \varnothing 17 mm } 3,0 mm
 3,5 mm

Boulons \varnothing 16 mm } PLAQUES DE 4,0 mm
 Perforation \varnothing 19 mm } 4,5 mm
 5,0 mm



Joint circonférenciel

Boulons \varnothing 14 mm } PLAQUES DE 2,5 mm
 Perforation \varnothing 17 mm } 3,0 mm
 3,5 mm

Boulons \varnothing 16 mm } PLAQUES DE 4,0 mm
 Perforation \varnothing 19 mm } 4,5 mm
 5,0 mm

3. APERÇU DE QUELQUES RÉALISATIONS

Le procédé a déjà été utilisé, en France, dans un certain nombre de réalisations que l'on peut considérer comme expérimentales ; parmi celles-ci, deux ont déjà donné lieu à une série d'essais et de mesures in situ. Ces ouvrages pilotes ont été choisis en raison de leurs caractéristiques bien différentes :

- l'ouvrage pilote n° 1, construit sous la voie express ouest de BÉZIERS, est une buse-arche surbaissée sous faible remblai, soumise au cours des essais à une importante surcharge mobile ;
- l'ouvrage pilote n° 2, construit sous l'autoroute A 25 à FLÈTRE, est une buse circulaire sous haut remblai, donc sous charge statique élevée.

On trouvera ci-dessous les caractéristiques de ces deux ouvrages.

	OUVRAGE PILOTE N° 1 (BÉZIERS)	OUVRAGE PILOTE N° 2 (FLÈTRE)
Forme	buse-arche surbaissée	buse circulaire
Dimensions		
— portée (ou diamètre)	4,94 m	3,00 m
— flèche nette	2,98 m	—
— section nette	11,62 m ²	7,03 m ²
— longueur au radier	44,50 m	70,00 m
— épaisseur des tôles	3,0 mm	3,0 mm
Hauteur du remblai à la clé	2,60 m	8 à 9 m
Surcharge mobile	char de 100 t (matérialisé par un motor-scraper Caterpillar C 641 chargé à 90 t, dont 47 t à l'avant et 43 t à l'arrière).	char de 100 t
Sol sous-jacent	limon argileux saturé avec nappe phréatique au voisinage de la surface.	dépôts superficiels de silt recouvrant une argile des Flandres altérée.

Des mesures de déformation sous charges statiques et dynamiques ont été faites suivant le sens transversal et le sens longitudinal ; on peut résumer les résultats de ces mesures en disant que la déformation maximale d'une section transversale, après quelques mois de mise en service, est restée inférieure à 1 % de la flèche (alors que la limite couramment admise est de 2 % à 3 %). En ce qui concerne l'ouvrage de BEZIERS, la déformation transversale au passage de l'essieu de 47 t sur 1,30 m de remblai a été élastique et inférieure à 1,5 mm (essais dynamiques à pleine vitesse).

Quant aux autres réalisations, le tableau ci-dessous en donne une liste, ainsi que les principales caractéristiques. Ces réalisations constituent déjà une référence puisque certaines sont en service depuis le deuxième semestre 1970 ; elles représentent un bon échantillonnage de dimensions transversales (de 2,50 m à 5,50 m) et de hauteurs de remblai (de 1 m à 10 m environ). On peut ajouter qu'une buse de 8 m d'ouverture est en construction à la date de parution de la présente note.

SITUATION	NATURE	TYPE	HAUTEUR de REMBLAI A LA CLÉ	CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES			OBSER- VATIONS
				longueur au radier m	ouverture ou diamètre m	épaisseur mm	
BÉZIERS (34) voie express OUEST	ouvrage hydraulique	buse-arche surbaissée	2,6	45	5,00	3,0	ouvrage pilote n° 1
BORDEAUX (33) aménagement du lac	ouvrages hydrauliques	buse circulaire	2,7	72	3,25	2,5	4 ouvrages
CHALON/ SAONE (71) voie urbaine	passage à piétons	buse circulaire	1,0	23	2,50	3,0	1 ouvrage
FLÈTRE (59) autoroute A 25	ouvrage hydraulique	buse circulaire	8,0	70	3,00	3,0	ouvrage pilote n° 2
JANVRY (91) autoroute A 10	ouvrages hydrauliques	buse-arche	2,0 à 6,0	50 à 60	2,40 3,00	2,5	6 ouvrages
	petit P.I.	buse circulaire	2,5	50 à 60	3,50	2,5	1 ouvrage
LAMBALLE (22) déviation de LAMBALLE	ouvrages hydrauliques	buse-arche	2,0 et 3,8	50	4,80	4,0	2 ouvrages
	passages à bétail	buse circulaire	1,3 0,6	27 32	3,00 3,00	2,5 3,0	1 ouvrage 1 ouvrage
NITRY (89) chemin départemental	ouvrage hydraulique	buse circulaire	3,0 à 3,5	23	2,50	2,5	1 ouvrage
BAYONNE (64) bretelle A 63	galeries techniques	buse circulaire	9,0 (maxi)	130	3,50 4,50	2,5 à 4,0	2 ouvrages (gainés pour émissaire)
Pénétrante du PAYS BASQUE (64)	ouvrage hydraulique	buse-arche	1,0 à 1,6	24	5,50	4,0	1 ouvrage

4. POSSIBILITÉ D'EMPLOI DES BUSES « ARVAL »

Dans les limites d'ouverture et de hauteur de remblai telles qu'elles ressortent des caractéristiques des ouvrages réalisés (cf. § 3), on peut donc envisager l'emploi des buses ARVAL, sans pour autant considérer ces ouvrages comme expérimentaux ou devant donner lieu à des essais complets. On n'oubliera pas, cependant, que les ouvrages pilotes réalisés ont été remblayés avec d'excellents matériaux mis en œuvre correctement (remblaiement symétrique par couches minces et bien compactées).

Hors de ces limites, on peut envisager cet emploi pour des ouvrages à réaliser à titre expérimental, devant donner lieu à des mesures et avec, éventuellement, l'assistance du S.E.T.R.A.

Dans tous les cas, on s'assurera que les conditions techniques et financières sont favorables à l'emploi de buses métalliques. Pour cela on se référera au dossier-pilote OH-AP a 64 ; en outre, **et ceci est valable pour toutes marques et tous modèles de buses métalliques**, on considérera les points particuliers suivants :

— Les caractéristiques géométriques du franchissement ne doivent pas conduire à des sifflets d'extrémité exagérément longs ; on évitera les biais accentués, les faibles inclinaisons de talus, etc.).

— L'UTILISATEUR NE DEVRA PAS RECHERCHER SYSTÉMATIQUEMENT LE MINIMUM D'ÉPAISSEUR, tel qu'il peut ressortir des tableaux de dimensionnement des buses. L'adoption d'une épaisseur relativement très faible risque, en effet, d'avoir des répercussions importantes et imprévisibles sur la tenue de l'ouvrage dans le temps, à la fois sur le plan de la résistance mécanique (déformations locales) et sur celui de la résistance à l'abrasion (éventuellement), puis à la corrosion (toutefois, la résistance à la corrosion dépend pour une bonne part de la qualité de la galvanisation). Il y a lieu de noter que le problème de l'abrasion ne se pose pas pour des ouvrages autres qu'hydrauliques (passages à bétail, à piétons, routiers,...).

— Dans certains cas on pourra trouver un complément de sécurité ou même, économiquement, un avantage, en enveloppant à 15 ou 20 cm de distance le gabarit nécessaire : il sera ainsi toujours possible à plus ou moins long terme de procéder, s'il en est besoin, à un renforcement intérieur.

5. PRÉPARATION ET RÉDACTION DES PROJETS - ESTIMATION - EXÉCUTION

Tout ce qui suit définit la marche à suivre, quelle que soit la marque de buses métalliques qui sera finalement retenue.

5.1. Préparation du projet

Lors de l'établissement du projet et de la rédaction du C.P.S., l'utilisateur fixera les caractéristiques géométriques en choisissant le profil transversal le mieux adapté au franchissement, compte tenu des indications données au paragraphe précédent.

En ce qui concerne les dispositions générales relatives à ce type d'ouvrage, le dossier-pilote déjà mentionné OH-APa 64 reste valable pour l'emploi de buses ARVAL sauf, bien entendu, la pièce 3 qui se rapporte à un autre type de buse bien spécifique ; cette pièce est à compléter par les caractéristiques et tableaux de dimensionnement figurant dans le recueil technique déjà cité.

5.2. Rédaction du C.P.S. et modifications à apporter au C.P.S.T.

Lorsqu'un ouvrage à réaliser est dans le domaine d'application des buses ARVAL, il convient de ne plus spécifier des caractéristiques qui écarteraient les buses de cette origine, mais de faire jouer la concurrence, et ce selon des modalités comparables à celles qui servent à mettre en concurrence les divers systèmes de précontrainte et les différents types de pieux à exécuter en place.

5.2.1. A cet effet, et dans toute la mesure où les caractéristiques énumérées ci-après ne sont pas les mêmes pour les buses de différentes origines qui pourraient être envisagées, il convient de ne plus fixer ces caractéristiques par le C.P.S. de l'appel d'offres, mais d'inviter par la lettre de consultation les soumissionnaires à les préciser, ainsi que les quantités correspondantes, à titre de « propositions techniques ». Ces caractéristiques sont les suivantes :

- Origine, marque et désignation exacte du modèle de buse prévu.
- Mode de galvanisation et épaisseur sur chaque face de la couche de zinc protectrice.
- Epaisseur des tôles en section courante, qui sera déterminée sur les bases suivantes :
 - 1 - les charges et surcharges seront évaluées suivant la méthode définie au dossier-pilote OH-APa 64 « Evaluation des charges de terre et des surcharges roulantes » ;
 - 2 - l'ouvrage sera considéré comme un anneau soumis à une compression uniforme, vis-à-vis de laquelle on adoptera un coefficient de sécurité pris égal à 4 ;
 - 3 - la justification du dimensionnement vis-à-vis de cet effort de compression portera d'une part sur l'épaisseur de la tôle, d'autre part sur la résistance des joints évaluée par référence à des essais de laboratoire, dont le catalogue du fournisseur donnera les résultats (cf. page D 2312-04 du recueil technique sus mentionné, dans le cas des buses ARVAL) ou, à défaut, dont un procès-verbal sera joint à l'offre.
- L'emploi de plusieurs épaisseurs différentes dans les diverses zones de l'ouvrage pourra être justifié dans certains cas (remblai très large et de hauteur très variable, ou sifflets particulièrement longs) ; en ce cas la délimitation des différentes zones et les épaisseurs correspondantes seront précisées.
- Diamètre des boulons (deux diamètres sont prévus pour ARVAL, selon l'épaisseur des tôles).
- Constitution des boulons.

Celles qui seront retenues à l'issue de l'appel d'offres sont à porter dans le C.P.S. définitif.

5.2.2. En outre, quoique ce qui suit ne représente pas des critères de choix des buses, il convient que le C.P.S. de l'appel d'offres ne spécifie pas certaines caractéristiques figurant au C.P.S.T. Ces caractéristiques concernent les articles suivants (rédaction provisoire en date du 15.10.66) :

Art. 2.16 - 2.16,1 : métal de base

Si l'on précise la nuance de l'acier entrant dans la fabrication des buses, celle de la production ARVAL a pour désignation E 24 1 (limite de rupture comprise entre 37 et 45 kg/mm²)

Art. 2.16 - 2.16,2 : ondulations

Si l'on précise les dimensions de l'ondulation, celles de la production ARVAL sont :

- longueur de l'onde : 166,7 mm
- profondeur de l'onde : 60 mm

Art. 2.16 - 2.16,4 : boulons et écrous

Si l'on précise les nuances de l'acier utilisé pour la fabrication des boulons et écrous, celles de la production ARVAL ont pour désignations :

- boulons : XC 38 - F traité par trempe et revenu (limite de rupture supérieure ou égale à 80 kg/mm²)
- écrous : A - 60 ou XC - 42 (limite de rupture supérieure ou égale à 55 kg/mm²)

Art. 3.29 - 3.29,2 et 3.29,32 : ouvrages multiplaques

Si l'on précise les valeurs du couple de serrage des boulons, celles admises pour le montage des buses ARVAL sont comprises dans les fourchettes suivantes :

- entre 10 mkg et 20 mkg pour les boulons Ø 14 mm
- entre 15 mkg et 25 mkg pour les boulons Ø 16 mm

Ces caractéristiques seront éventuellement rajoutées dans le C.P.S. à l'issue de l'appel d'offres, selon le type de buse retenu.

5.2.3. Toute autre précision, telle par exemple que des dessins de projet, paraissant préjuger de la marque de la buse doit être mentionnée comme non contractuelle et en principe rangée dans le bordereau B du dossier de consultation des entreprises.

5.3. Jugement des appels d'offres

De façon générale, plusieurs marques de buses pouvant être proposées assez prochainement sur le marché, il importera que les Maîtres d'Oeuvre se soucient du problème du minimum d'épaisseur à retenir lors du jugement des appels d'offres, de manière à éviter une course excessive à la minceur entre les différentes marques.

A ce sujet, l'attention est attirée sur le fait que des justifications d'épaisseur par le calcul ne sont généralement pas probantes, en raison des incertitudes considérables qui existent sur l'état des contraintes dans les remblais. Quant à la résistance à la corrosion, elle est grandement fonction de facteurs locaux qui sont presque toujours mal connus ; sur ce dernier point, la possibilité d'un chemisage ultérieur en béton est un élément d'appréciation.

5.4. Estimation

Pour l'estimation de ces ouvrages, il y a lieu de distinguer le poste **buse métallique** proprement dite, comportant la fourniture et le montage, et le poste **remblai spécial**. Les coûts respectifs sont du même ordre de grandeur et seul le premier est susceptible de varier en fonction du type de buse employé ; cette variation aura généralement une incidence assez faible sur le coût global de l'ouvrage ; c'est ainsi par exemple qu'en admettant une variation possible de $\pm 20\%$ sur le prix de la buse seule, la variation finale sur le coût global de l'ouvrage, une fois le remblai spécial mis en place, serait de l'ordre de $\pm 10\%$.

Il s'ensuit que l'on pourra avoir une estimation approximative du coût global de l'ouvrage en se basant sur les indications du document EST 67 (ou éditions ultérieures) données en 6.9., page 19, qui s'appliquent à un autre type de buse ; bien entendu, ceci n'est valable que pour des ouvertures et des épaisseurs de remblai moyennes telles qu'elles y sont définies.

Si l'on veut une estimation plus précise — soit en vue de faire un choix parmi différentes solutions possibles, soit pour tenir compte d'ouvertures ou d'épaisseurs de remblai différentes — il conviendra néanmoins de consulter le producteur pour connaître soit le coût global de l'ouvrage, soit celui de la fourniture seule.

5.5. Exécution des travaux

D'une manière générale, les travaux de mise en œuvre des buses seront exécutés conformément aux indications du dossier-pilote OH-APa 64 et aux prescriptions du C.P.S.T. Ces documents, très complets avec leurs commentaires, seront utilement consultés pour la surveillance et la réception des travaux. Il est toutefois envisagé la publication, dans le cadre du Guide de chantier G.G.O.A. (niveau 3), d'indications complémentaires permettant de traiter certains points particuliers.

Dans le cas particulier des buses ARVAL, s'agissant actuellement d'un modèle nouveau, il est recommandé de faire fournir les buses par l'Entreprise chargée de les mettre en œuvre, de façon à n'avoir qu'un seul interlocuteur, et d'exiger par ailleurs qu'un représentant du fabricant assiste au montage (cf. dossier-pilote OH-APa 64 « Note aux utilisateurs », § 4).

SERVICE D'ÉTUDES TECHNIQUES
DES ROUTES ET AUTOROUTES

S.E.T.R.A.

B.P. 100 - 92 - BAGNEUX

Division des Ouvrages d'Art B

3^{ème} Arrondissement

NOTE D'INFORMATION
SUR LES DIFFÉRENTES MARQUES
ET LES ÉPAISSEURS DES BUSES MÉTALLIQUES
DE GRANDES DIMENSIONS

Référence : Dossier OH.APa et APa 71 sur les buses ARVAL (cf. Catalogue
CAT. 71 § 13,38).

1 - Buses métalliques de marque TUBOSIDER :

La mise à jour APa 71 du dossier OH.AP (Ouvrages Hydrauliques,
Aqueducs Préfabriqués) a été établie en raison de l'apparition sur le marché
de nouveaux modèles de buses métalliques de grandes dimensions.

Elle traite seulement des modèles ARVAL multijoint; cependant les
principes dont elle s'inspire permettent d'envisager de même l'utilisation en
France d'autres marques qui seraient présentées avec des précisions, garanties
et références suffisantes. Ces conditions sont remplies pour les ouvrages
métalliques flexibles fabriqués par la firme italienne TUBOSIDER ITALIANA.

Les caractéristiques des produits TUBOSIDER sont pratiquement les
mêmes que celles des buses traditionnelles diffusées principalement par le
constructeur ARMCO, caractéristiques qui sont données dans le dossier OH.APa 64
du S.E.T.R.A. et dans le C.P.S. type correspondant, comme représentant l'état
de la technique de production au moment de ces publications.

Les tableaux de dimensionnement annexés aux tables de calcul
TUBOSIDER de Janvier 1973 fournissent les épaisseurs minimales usuelles
(supérieures aux épaisseurs minimales mécaniques définies au § 2 ci-après).
à adopter pour cette **marque**, et que le constructeur italien s'est engagé
devant nous à respecter. Bien que ces épaisseurs soient parfois un peu diffé-
rentes des épaisseurs indiquées dans les tableaux de la pièce 3.3 du dossier
OH.AP, elles nous paraissent acceptables dans les cas les plus courants.

.../...

~~Le paragraphe 5 de la note APa 71. "Préparation et rédaction des projets - estimations - exécution" reste bien entendu valable quelle que soit la marque de buses qui sera finalement retenue.~~

Comme pour les autres marques de buses, pour l'exécution on préférera la solution qui consiste à faire fournir les buses par l'entrepreneur chargé de les mettre en oeuvre, de façon à n'avoir qu'un seul interlocuteur; et on exigera qu'un représentant du fabricant assiste au montage.

2 - Épaisseur des buses métalliques de grandes dimensions.

Ainsi qu'il était souligné dans la mise à jour APa 71, l'utilisateur ne devra pas rechercher systématiquement le minimum d'épaisseur, tel qu'il peut ressortir des tableaux de dimensionnement des buses indiquées dans les recueils techniques des fabricants.

Les bases de calcul de l'épaisseur des tôles données au paragraphe 5.21 de la mise à jour APa 71 permettent le calcul de l'épaisseur minimale dite "mécanique", avec un coefficient de sécurité de 4 par rapport à la résistance limite des joints et, subsidiairement, à la limite élastique de l'acier, en considérant l'ouvrage comme un anneau soumis à une compression uniforme; le caractère conventionnel du calcul explique l'importance apparente du coefficient de sécurité. C'est pratiquement cette épaisseur minimale mécanique qui est donnée dans les tableaux de dimensionnement du fournisseur ARVAL.

En ce qui concerne les buses classiques, les tables usuelles d'épaisseur telles qu'elles figurent dans le dossier-pilote OH.APa 64 (ou dans le catalogue de TUBOSIDER) comportent des coefficients de sécurité plus importants. Des essais sont actuellement en cours chez le fournisseur le plus ancien de buses métalliques classiques (ARMCO). Il s'agit essentiellement d'essais de résistance des joints boulonnés à la compression, à la flexion et à la traction.

Lorsque ces essais seront terminés, le recueil technique de ce fournisseur indiquera les épaisseurs minimales mécaniques correspondant à ce type de buses (définie par les caractéristiques de l'ondulation et du joint boulonné), et le S.E.T.R.A. publiera une note d'information portant ces faits nouveaux à la connaissance des Maîtres d'Oeuvre.

La saine mise en concurrence des différentes fournitures de buses consistera, de la part de l'utilisateur, sauf garanties supplémentaires relatives à la résistance ou à la protection contre la corrosion (définie au C.P.S-type, mais dépendant aussi de l'acier), à imposer aux "propositions techniques" de diverses origines la même surépaisseur de métal par rapport aux épaisseurs minimales mécaniques. Cette surépaisseur est à déterminer en fonction des conditions locales d'agressivité et de la possibilité ou non d'un renforcement ultérieur à long terme par un anneau intérieur de béton.

NOTE D'INFORMATION SUR LE DIMENSIONNEMENT
DES BUSES METALLIQUES DE GRANDES DIMENSIONS
(en attendant une prochaine mise à jour des docu-
ments-types intéressés).

Références : Dossier OH APA et document-type APA 71.
Note d'information sur les buses métalliques de Janvier 1973.

1 - Emploi des buses métalliques de grande dimension.

L'examen de quelques projets et de réalisations récentes en matière de buses métalliques nous amènent à attirer l'attention des projeteurs d'ouvrages d'art et des Maîtres d'Oeuvre constructeurs sur certaines précautions dans l'emploi de ces ouvrages, valables quel que soit le type de buse :

1.1. - La hauteur minimale de remblai au-dessus de la buse, entre le sommet des ondulations et le niveau de la chaussée, doit être supérieure au quart du diamètre (ou de la portée) de la buse (sauf précautions particulières) lorsque la voirie au-dessus de la buse est prévue pour des charges militaires ou des convois exceptionnels.

1.2. - Pression sur le terrain au niveau des "plaques de coin".
Les buses métalliques sont constituées d'éléments en tôle ondulée cintrée et galvanisée, assemblés par boulonnage, avec lesquels il est possible de réaliser des formes variées : sections circulaires, sections surbaissées, arches. Les différents fournisseurs distinguent les sections circulaires ou elliptiques, les "buses-arches" et les "passages", ces derniers pouvant être utilisés en ouvrages routiers. Les profils des buses-arches et des "passages" comportent en partie inférieure des zones de faible rayon de courbure ; les éléments situés dans ces zones sont dits "plaques de coin". L'existence de ces zones pose des problèmes qui ne se rencontrent pas pour les buses circulaires ou elliptiques.

Une buse étant un anneau soumis à une compression peu variable, la pression sur le terrain en un point de la buse est inversement proportionnelle au rayon de la paroi en ce point ; la pression transmise par les buses-arches et "passages" au sol adjacent dans les coins peut ainsi être élevée. Elle doit être limitée par la pression admissible du sol de fondation au point et dans la direction intéressés, et il est conseillé de ne pas dépasser 3,5 bars dans les angles dans les cas courants ; ceci conduit à limiter assez étroitement la hauteur de remblai au-dessus des buses-arches et des "passages".

1.3. - Conditions de bonne tenue des sifflets d'extrémité .

Les sifflets d'extrémité des ouvrages de grande ouverture sont des points faibles, surtout lorsque l'ouvrage est biais ou que la pente du sifflet est faible. En ordre de grandeur cette partie des ouvrages semble poser un problème délicat si l'une des conditions suivantes est remplie : ouverture de la buse supérieure à 6 mètres, angle de biais des extrémités inférieur à 75 grades, pente du talus inférieure à 1/2. Dans ces conditions les sifflets sont insuffisamment rigides et peuvent se déformer de façon excessive sous la poussée des terres. Le plus souvent la déformation sera surtout préjudiciable sur le plan esthétique ; mais elle peut aussi être assez dommageable pour nécessiter des travaux supplémentaires de reprise et de renforcement éventuel de ces zones.

Lorsqu'on est dans un des cas ci-dessus, il y aura lieu de prévoir, en liaison avec le fournisseur de buses métalliques, un ou des dispositifs de raidissement des extrémités tels que renforcement des tôles, tirants noyés dans le remblai, perrés ou murs de tête en maçonnerie ou en béton armé ; certains de ces raidisseurs pouvant n'être que provisoires. Les principaux fournisseurs de buses étudient actuellement ces diverses solutions pour réduire la déformabilité des sifflets d'extrémité, mais l'expérience actuelle est insuffisante pour établir une doctrine.

1.4. - Boulonnage des ouvrages.

Lors du montage des buses métalliques, les boulons doivent assurer un serrage convenable des plaques. Celles-ci devront donc être redressées si elles ont été faussées lors des manutentions. Elles doivent aussi être nettoyées (pas d'interposition de corps étrangers entre les plaques). Boulons et écrous doivent être convenablement galvanisés : l'épaisseur de revêtement de zinc doit être de l'ordre de 70 microns si la galvanisation des boulons et écrous est obtenue par trempé à chaud et de l'ordre de 25 microns si la galvanisation est obtenue par électrolyse. Les boulons doivent avoir une longueur suffisante pour que le serrage de l'écrou soit bon.

2 - Tableaux de dimensionnement des buses métalliques ARMCO.

La Société ARMCO a procédé à des essais de résistance à la compression des joints boulonnés. Ces essais ont permis à ce fournisseur de dresser des tableaux d'épaisseur de métal minimale, c'est-à-dire sans considération de résistance à la corrosion ou à l'abrasion. Ces tableaux détaillés figureront prochainement dans le recueil technique de ce fournisseur.

A titre d'exemple nous reproduisons ci-après le tableau d'épaisseur pour les buses elliptiques lorsque l'ouvrage est soumis à l'action des charges routières et du convoi militaire Mc 120 définis par le titre II du Fascicule 61 du C.P.C.

Pour les buses-arches et les "passages", les épaisseurs minimales de métal sont dans la majorité des cas égales à celles de la buse elliptique ayant le diamètre le plus voisin de leur portée.

Nous avons ajouté sur ce même tableau deux séparatrices A et B indiquant pour les buses-arches des types A et B ARMCO, les limites des hauteurs de remblai correspondant à une pression de 3,5 bars sur le sol de fondation au droit des plaques de coin. Pour les "passages" cette limite de la hauteur du remblai varie de 8 à 10 mètres selon le rayon des plaques de coin.

Ces tableaux ont été établis pour un module d'élasticité E' des remblais de butée adjacents à la buse métallique, égal à 400 bars. Ce module peut être obtenu facilement en utilisant comme matériau de remblai une grave propre bien graduée 0/80, selon la classification des sols du LCPC (voir la pièce 3.3 du dossier FOND 72), soit par exemple des tout-venants de rivière ou de carrière dépourvus d'éléments argileux ou organiques.

Ces tableaux annulent et remplacent les tableaux relatifs aux buses elliptiques et buses-arches multiplaques qui figuraient dans la pièce 3 du sous-dossier OH-APa 64 - Aqueducs préfabriqués en acier.

BUSES ELLIPTIQUES MULTIPLAQUES ARMCO

Char Mc 120

H*: hauteur entre le dessus de chaussée et le sommet des ondulations

Hauteur H* entre (m)	D/4	1.01	2.01	3.01	4.01	5.01	6.01	7.01	8.01	9.01	10.01	11.01	12.01	13.01	14.01	15.01	16.01	17.01	18.01	19.01
	à 1.00	à 2.00	à 3.00	à 4.00	à 5.00	à 6.00	à 7.00	à 8.00	à 9.00	à 10.00	à 11.00	à 12.00	à 13.00	à 14.00	à 15.00	à 16.00	à 17.00	à 18.00	à 19.00	à 20.00
1,50	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	3,4	3,4	3,4	4,2	4,2	4,2
1,66	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	3,4	3,4	3,4	4,2	4,2	4,2
1,81	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	3,4	3,4	4,2	4,2	4,2	4,2
1,97	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	3,4	3,4	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
2,12	3,4	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	3,4	3,4	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,7
2,28	3,4	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	3,4	3,4	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,7
2,44	3,4	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	3,4	3,4	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,7	4,7
2,59	3,4	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	3,4	3,4	4,2	4,2	4,2	4,2	4,7	4,7	5,5
2,75	3,4	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	3,4	3,4	4,2	4,2	4,2	4,2	4,7	4,7	5,5
2,90	3,4	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	3,4	3,4	3,4	4,2	4,2	4,2	4,2	4,7	4,7	4,7	4,7	5,5
3,06	3,4	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	3,4	3,4	4,2	4,2	4,2	4,2	4,7	4,7	4,7	4,7	5,5	5,5
3,21	3,4	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	3,4	3,4	3,4	4,2	4,2	4,2	4,2	4,7	4,7	4,7	4,7	5,5	6,2
3,37	3,4	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	3,4	3,4	4,2	4,2	4,2	4,2	4,7	4,7	4,7	4,7	5,5	5,5	6,2
3,53	3,4	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	3,4	3,4	4,2	4,2	4,2	4,2	4,7	4,7	4,7	5,5	5,5	6,2	6,2
3,68	3,4	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	3,4	3,4	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,7	4,7	5,5	5,5	6,2	6,2	6,2
3,84	3,4	3,4	2,7	2,7	2,7	2,7	3,4	3,4	4,2	4,2	4,2	4,7	4,7	4,7	5,5	5,5	6,2	6,2	6,2	7
3,99	3,4	3,4	2,7	2,7	2,7	2,7	3,4	4,2	4,2	4,2	4,2	4,7	4,7	5,5	5,5	6,2	6,2	6,2	7	7
4,15	-	3,4	2,7	2,7	2,7	2,7	3,4	4,2	4,2	4,2	4,2	4,7	4,7	4,7	5,5	6,2	6,2	6,2	6,2	7
4,30	-	3,4	2,7	2,7	2,7	3,4	3,4	4,2	4,2	4,2	4,2	4,7	4,7	5,5	5,5	6,2	6,2	6,2	7	7
4,46	-	3,4	2,7	2,7	2,7	3,4	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,7	4,7	5,5	5,5	6,2	6,2	7	7	7
4,61	-	3,4	2,7	2,7	2,7	3,4	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,7	4,7	5,5	5,5	6,2	6,2	6,2	7	-
4,77	-	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,7	4,7	5,5	5,5	6,2	6,2	7	7	-
4,93	-	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,7	4,7	5,5	5,5	6,2	6,2	7	-	-
5,08	-	4,2	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	4,2	4,2	4,2	4,2	4,7	4,7	5,5	5,5	6,2	6,2	7	-	-
5,24	-	4,2	3,4	3,4	3,4	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,7	4,7	5,5	5,5	6,2	6,2	7	-	-
5,39	-	4,2	3,4	3,4	3,4	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,7	4,7	5,5	5,5	6,2	6,2	7	-	-
5,55	-	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,7	4,7	5,5	5,5	6,2	6,2	7	-	-
5,70	-	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,7	4,7	5,5	5,5	6,2	6,2	7	-	-
5,86	-	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,7	4,7	5,5	6,2	6,2	7	-	-	-
6,01	-	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,7	5,5	5,5	6,2	6,2	7	-	-	-
6,17	-	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	5,5	5,5	6,2	6,2	7	-	-	-
6,33	-	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	5,5	5,5	6,2	7	-	-	-	-
6,48	-	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	6,2	6,2	7	-	-	-	-	-

SERVICE D'ETUDES TECHNIQUES
DES ROUTES ET AUTOROUTES
S.E.T.R.A.

Division des Ouvrages d'Art B

3° Art.

Note d'Information sur
les buses métalliques
(remplaçant la note du 2 Novembre 1976)

A diverses occasions, notamment dans le cadre du cycle d'études de la DRCR sur les ouvrages d'art, les Maîtres d'Oeuvre ont exprimé le besoin de disposer d'un dossier-pilote et de directives pour projeter et contrôler de tels ouvrages et pour juger les propositions techniques des entreprises.

La présente note a pour but de rappeler la documentation existante diffusée par le SETRA, d'informer sur les études en cours, et de souligner l'importance du contrôle des remblais et des constatations sur ouvrages.

Par rapport à la rédaction du 2 Novembre 1976 elle comporte quelques nuancements consécutifs aux pourparlers que nous avons eus avec les principaux fournisseurs. Un trait en marge fait apparaître les parties modifiées.

1 - Documentation générale.

Actuellement la documentation sur les buses métalliques ayant fait l'objet d'une diffusion générale, comprend les éléments suivants :

- dossier-pilote OHAP 64 (diffusé par le CETE de Lyon) daté de Septembre 1964 ;
- CPS type "aqueducs préfabriqués centrifugés en béton armé ou en acier galvanisé"; seule existe une rédaction provisoire du 15 Octobre 1966, qui est épuisée et considérée comme périmée ;
- APa 71. Note d'information sur les buses ARVAL. Cette note avait pour objet de constituer une mise à jour commune du dossier-pilote OHAPa 64 et du CPST en faisant connaître l'apparition sur le marché de la buse ARVAL Multijoint. Ce type de buse diffère des autres types sur certains points, notamment sur la disposition des joints, de sorte que selon le critère adopté il peut donner lieu à des dimensionnements assez différents de ceux des autres types de buses.
- Circulaire du 1er Mars 1972 du Directeur des Routes et de la Circulation Routière, invitant les Services de l'Equipement à faire jouer la concurrence sous une forme équitable et loyale entre les produits des différentes marques (cf. indications contenues dans le document-type APa 71).
- Note d'information de Janvier 1973. Cette note d'information indique d'une part, que les ouvrages métalliques flexibles fabriqués par la firme italienne TUBOSIDER ITALIANA présentent des caractéristiques, garanties et références suffisantes pour que la fourniture de cette firme puisse être agréée par les Maîtres d'Oeuvre et rappelle, d'autre part, que l'utilisateur ne devra pas rechercher systématiquement le minimum d'épaisseur, tel qu'il peut ressortir des calculs de dimensionnement des buses.

- Note d'information de Septembre 1974. Cette note d'information :

. précise quelques limites dans l'emploi des buses métalliques de grande dimension (hauteur minimale de remblai au dessus de la buse, pression sur le terrain au niveau des "plaques de coin", conditions de bonne tenue des sifflets d'extrémité, boulonnage des ouvrages),

. donne, en ce qui concerne les buses métalliques ARMCO un tableau de dimensionnement qui annule et remplace les tableaux relatifs aux buses elliptiques et buses-arches multiplaques qui figuraient dans la pièce 3 du sous-dossier OHAPa 64 (aqueducs préfabriqués en acier). Ce tableau donne seulement des épaisseurs mécaniquement minimales, ne tenant pas compte des surépaisseurs qui peuvent être nécessaires pour assurer une résistance suffisante à long terme à la corrosion.

Il est précisé que nos notes d'information ne considèrent pas les buses métalliques de moins de 2 m d'ouverture.

2 - Etudes en cours.

2.1 - L'ensemble de ces documents doit faire l'objet d'une refonte. Dans le but de limiter et si possible d'enrayer une course excessive à la minceur entre les différentes marques, le 3ème Arrondissement de la D.O.A.-B du S.E.T.R.A. a été amené dans le courant de l'année 1975 à établir et adresser aux principaux fournisseurs du marché français diverses notes, dont certaines ont été adressées, à titre d'information et selon leurs besoins, à divers Maîtres d'Oeuvre. Ces notes ne représentaient que l'état de discussions, à un moment donné, avec les fournisseurs, et sont actuellement à considérer comme périmées.

2.2 - Un document provisoire daté d'Octobre 1975 (modifié le 4 Février 1976) intitulé "Détermination semi-empirique de l'épaisseur des ouvrages métalliques flexibles" a été établi par le 3ème Arrondissement de la D.O.A.-B. Ce document a un caractère provisoire et peut servir de guide pour juger les propositions techniques des entreprises. Il peut à tout moment être fourni sur demande (une version révisée sera adressée à la place au cas où il en serait établi entre temps). Ce document rappelle que l'épaisseur des tôles dépend d'un grand nombre de paramètres dont aucun ne doit être négligé : caractéristiques du métal de base, modifications apportées à ces caractéristiques par le formage des ondulations et le cintrage des tôles, résistance à des essais conventionnels (compression, flexion) des joints boulonnés, nature et qualité des remblais adjacents à la buse, risques de corrosion ou d'abrasion, importance des conséquences d'une défaillance éventuelle des ouvrages.

L'épaisseur finale à retenir pour un ouvrage métallique résulte :

1° de l'addition d'une épaisseur minimale technique nécessaire pour la tenue à long terme de l'ouvrage et d'un complément initial d'épaisseur "consommable" au cours d'une durée suffisamment longue ;

2° de la considération des efforts appliqués à l'ouvrage pendant la phase de remblaiement. Pour un mode de remblaiement donné, les tôles de la buse sont soumises pendant le remblaiement à des flexions (alors qu'en phase définitive elles travaillent en compression en section courante) dues aux poussées latérales des terres qui sont proportionnelles au cube des dimensions géométriques (ainsi une buse de 8 m d'ouverture est soumise à des contraintes de flexion égales à 2,4 fois celles d'une buse de 6 m d'ouverture et de même épaisseur).

En outre, dans les cas où les efforts appliqués à l'ouvrage sont faibles, une épaisseur minimale absolue nous paraît être prescrite. En effet nous considérons que :

- quelle que soit la marque, quelle que soit la nuance du métal employé et quelle que soit la résistance à la compression des joints constatée, les buses métalliques ayant une épaisseur de tôle de 2 mm présentent une sécurité insuffisante vis-à-vis de la durabilité et ne peuvent à notre avis être envisagées que pour des ouvrages provisoires;

- pour les ouvrages définitifs en particulier sous voiries autoroutières ou du réseau routier national, en buses protégées par une galvanisation au trempé, les épaisseurs minimales à prescrire peuvent être les suivantes :

. ouvrages non hydrauliques (les ouvrages de décharge des crues décennales peuvent être considérés comme des ouvrages non hydrauliques) : 2.5 mm;

. ouvrages hydrauliques à écoulement permanent d'ouverture inférieure ou égale à 5 m : 3 mm;

. ouvrages hydrauliques à écoulement permanent d'ouverture supérieure à 5 m : 3.5 mm.

Ces valeurs minimales ne sont admissibles qu'en l'absence de risque d'agressivité particulière du milieu (sol, eau, air).

Il n'est pas prévu de moduler ces valeurs selon l'importance du boulonnage des joints, faute de certitude sur l'influence de cette importance sur la longévité. Cependant une résistance plus élevée des joints d'un produit par rapport à un autre (ou d'un même produit par renforcement des joints) peut être considérée comme un facteur secondaire favorable.

2.3 - Des essais comparatifs de résistance à la compression entre les deux dispositions de joints (ARMCO et ARVAL) doivent avoir lieu prochainement au LCPC. L'interprétation de ces essais pourra donner lieu à modification du calcul de l'épaisseur minimale technique présentée dans le document "Détermination semi-empirique de l'épaisseur des ouvrages métalliques flexibles".

2.4 - Des discussions sont en cours avec les différents fournisseurs en vue de limiter la déformabilité des zones d'extrémité des ouvrages de grande dimension, zones qui pour ces ouvrages s'avèrent souvent des points critiques. Ces discussions conduiront à des conseils pour limiter la géométrie des coupes d'extrémité des ouvrages et à des dispositifs types de renforcement des têtes d'ouvrages.

2.5 - Des désordres récents survenus à des buses emboitables sous hauts remblais conduisent à limiter le domaine d'emploi des buses emboitables, et en particulier à leur préférer des buses boulonnées lorsque l'ouverture est supérieure ou égale à 1,50 m et que la hauteur de remblai est supérieure à 5 m.

3 - Buses de grandes dimensions.

3.1 - Contrôle de la mise en oeuvre.

Les buses de grande dimension (ouverture supérieure à 6,50 m) sont de véritables ouvrages d'art et il ne peut plus être toléré que leur exécution ne fasse l'objet que d'un contrôle très succinct, en prenant pour prétextes l'empirisme et la rusticité de ce type d'ouvrage ; en effet, l'absence de contrôle ou le non-respect des prescriptions des fabricants a déjà entraîné à plusieurs

occasions l'effondrement de buses métalliques de grandes dimensions, tant en France qu'à l'étranger. Par ailleurs, les risques de confusion de responsabilités sont fréquents entre l'entrepreneur (souvent non spécialisé), le fournisseur (ou sous-traitant) et la maîtrise d'oeuvre, et ceci est d'autant plus grave que certains fournisseurs ont tendance à garder pour eux le savoir-faire et à discuter les responsabilités en cas de dommage. Dans les cas qui ne sont pas très courants, les Maîtres d'Oeuvre auront donc intérêt à prévoir explicitement dans les marchés que l'entrepreneur doit s'assurer une assistance technique continue de son fournisseur sur le chantier lors du montage et de l'exécution des remblais latéraux à la buse.

3.2 - Constatations sur ouvrages.

Pour améliorer les connaissances sur les buses métalliques, il est souhaitable que les réalisations les plus marquantes soit par les dimensions, soit par la hauteur de remblai fassent l'objet de mesures : déformation de la buse, caractéristiques des remblais, ... de manière à faire progresser nos connaissances sur ces ouvrages et éventuellement aider à aboutir à un mode de calcul et des recommandations de mise en oeuvre plus précis que ceux dont on dispose présentement.