

Rapport d'expertise

# **Caractérisation d'aciers à béton armé**

## **Échangeur A4/A86 – Val de Marne (94)**

16/08/2017



# Caractérisation d'aciers à béton armé

## Echangeur A4/A86 – Val de Marne (94)

### Historique des versions du document


Version	Date	Commentaire
1	16/08/17	Néant

### Affaire suivie par

<b>Caroline MEYER</b> - Département OA – Unité Métal
Tél. : 03 83 18 41 41
Courriel : <a href="mailto:Caroline.meyer@cerema.fr">Caroline.meyer@cerema.fr</a>
<b>Site de NANCY</b> : Cerema Est, 71 rue de la Grande Haie 54510 Tomblaine

### Références

n° d'affaire : 2017 66 043

Rapport	Nom	Date	Visa
Établi par	F.ZIMMERMANN, C.MEYER	16/08/17	
Avec la participation de	A.BENNOUNE, L.JOLY (activité chimie), G.BRICE, J.C.GOBEAUX (plateforme d'essais)	16/08/17	
Contrôlé par	M.BOURQUENCIER		
Validé par	D.PRYBYLA	18/09/17	

### Résumé de l'étude :

Dans le cadre de la pose de panneaux acoustiques sur l'échangeur A4/A86, des aciers pour béton armé ont été prélevés pour vérifier leurs caractéristiques mécaniques et leur soudabilité. L'étude doit permettre de conclure sur la possibilité ou non de conserver ces aciers pour la pose des panneaux.

## 1. Présentation

---

A la demande de la DRIEA IF, une expertise a été réalisée pour déterminer la soudabilité, et pour caractériser le métal constitutif d'aciers à béton armé provenant d'ouvrages situés sur l'échangeur A4/A86 dans le Val de Marne. Les ouvrages ont été construits entre 1977 et 1979.

La DIOA souhaite, en particulier, vérifier que la limite d'élasticité est bien supérieure à 400 MPa.

Dans ce but, les essais suivants ont été réalisés :

- observations métallographiques
- essais de traction
- analyses chimiques (incluant la teneur en azote)

Les prélèvements ont été réalisés sur 4 ouvrages, sous la responsabilité de la DRIEA-IF. La réalisation des essais a été déterminée en fonction de l'état des aciers et en considérant que la provenance des aciers par diamètre est la même quel que soit l'ouvrage (les ouvrages ayant été construits simultanément). De plus, la répartition des essais permet la vérification de chaque diamètre et de chaque ouvrage.

Le tableau 1 synthétise les prélèvements et les essais réalisés :

Côté	Ouvrage	Echantillon	Diamètre	Numéro LN	Traction	Métallographie / Dureté	Analyse chimique
Saint Maurice	OA1	1	12	1	oui		
		2	12	2			
		3	12	3	oui	oui	oui
	OA2	1	12	4		oui	oui
		2	12	5			
		3	16	6	oui	oui	oui
Maison Alfort	OA3	1	14	7	oui		
		2	14	8	oui		
		3	14	9	oui	oui	oui
	OA4	1	14	10	oui		
		2	14	11		oui	oui
		3	14	12			

Tableau 1 : Prélèvements et essais

## 2. Métallographies

---

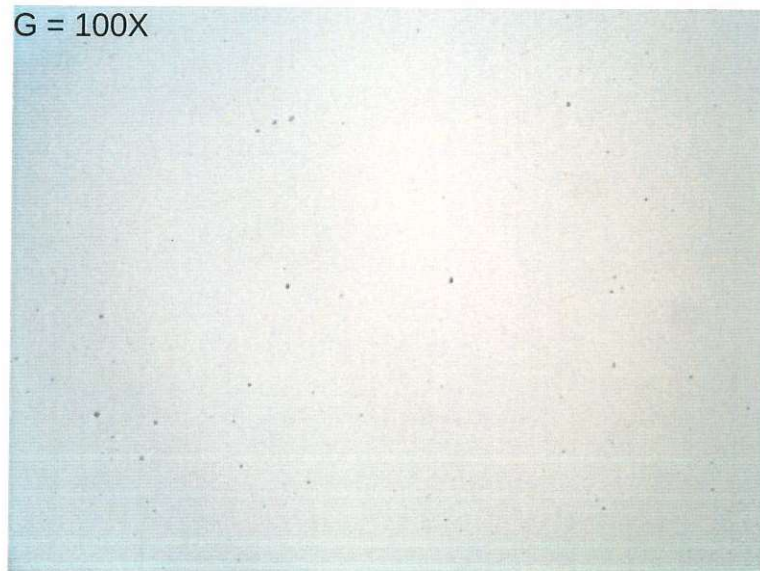
Les échantillons suivants ont été analysés pour permettre une répartition entre les diamètres et les ouvrages, ainsi qu'une correspondance entre structure et caractéristiques mécaniques:

- 3 et 4 : diamètre 12mm, OA 1 et 2
- 6 : diamètre 16mm, OA2
- 9 et 11: diamètre 14mm , OA 1 et 2

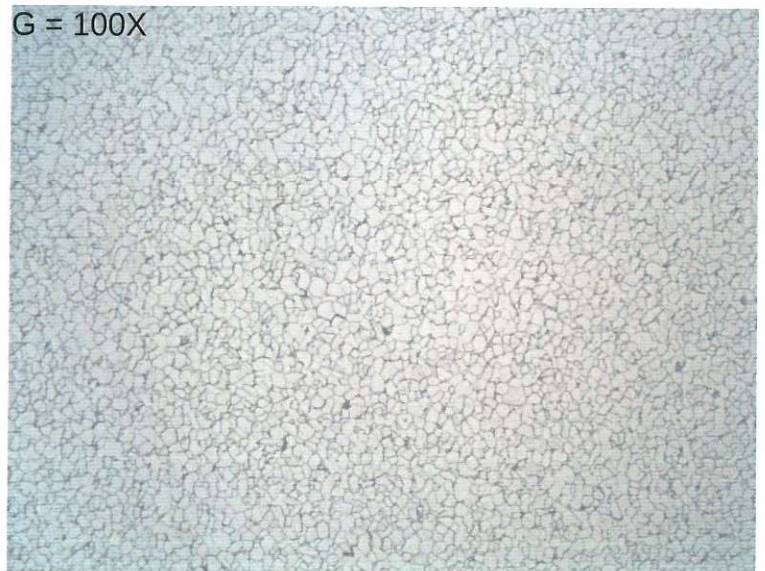


Pour tous les échantillons, la détermination de la teneur en inclusions non métalliques a été réalisée selon la norme NF A 04-106, et la détermination micrographique de la grosseur de grain apparente a été effectuée selon la norme NF EN ISO 643.

***Échantillon n°3 (OA1, Saint Maurice, diamètre 12 mm) :***



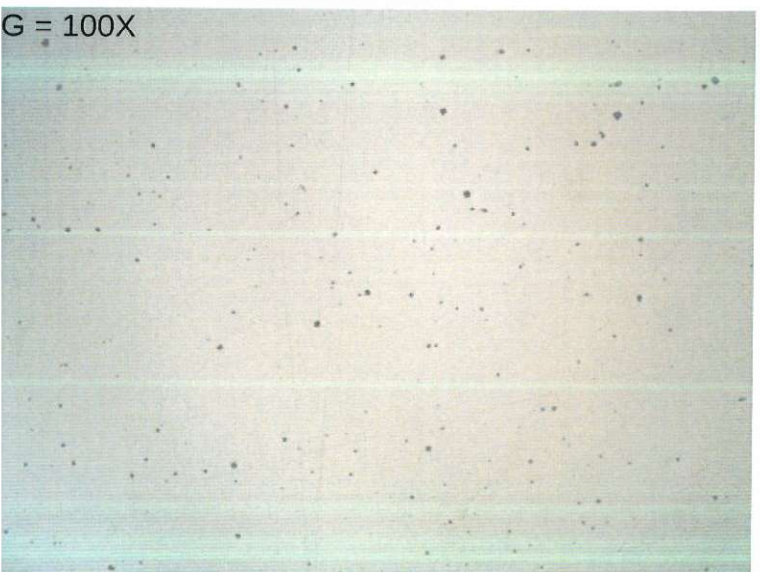
*État inclusionnaire*



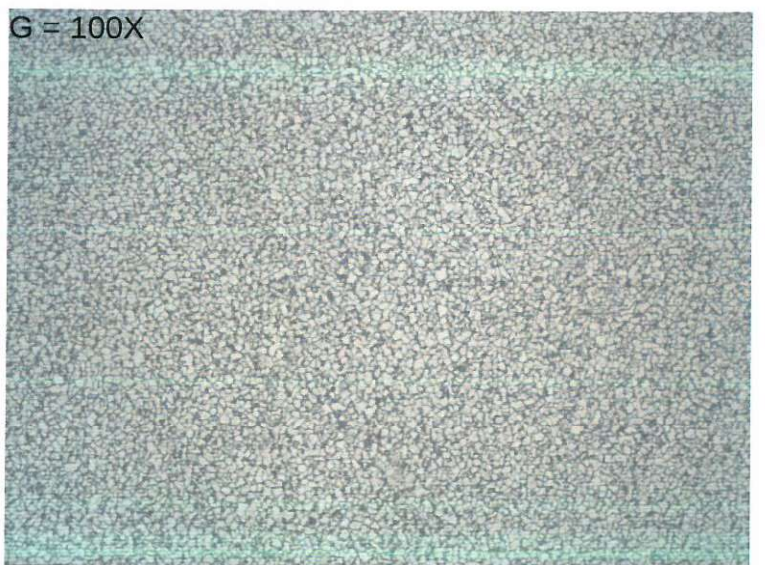
*Structure, après attaque acide*

La détermination de la teneur en inclusions non métalliques révèle la présence d'inclusions de type oxydes globulaires D3e. La taille de grain ASTM est de 7,5.

***Échantillon n°4 (OA2, Saint Maurice, diamètre 12 mm) :***



*État inclusionnaire*



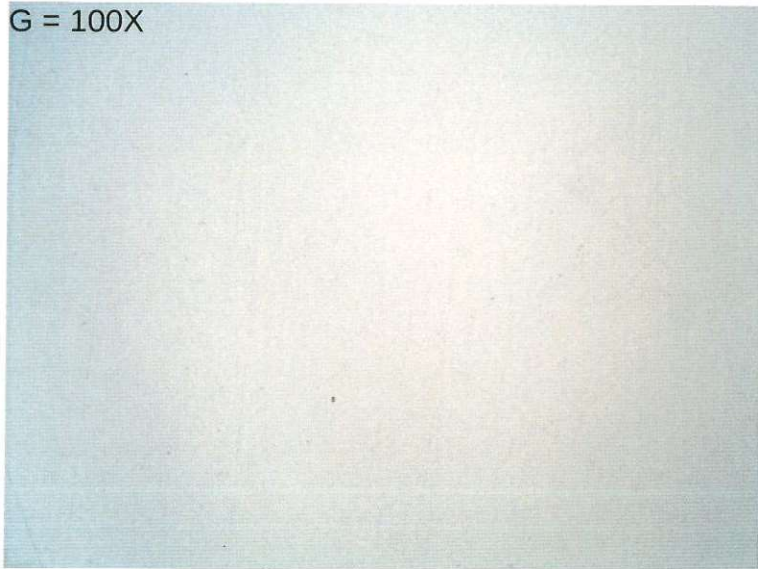
*Structure, après attaque acide*



La détermination de la teneur en inclusions non métalliques révèle la présence d'inclusions de type oxydes globulaires D4e. La taille de grain ASTM est de 8,5.

***Échantillon n°6 (OA2, Saint Maurice, diamètre 16 mm) :***

G = 100X



*État inclusionnaire*

G = 100X

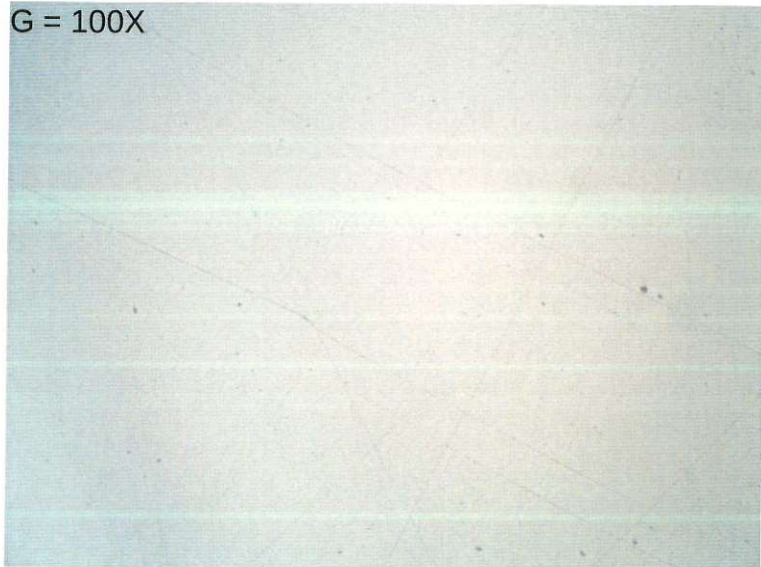


*Structure, après attaque acide*

La détermination de la teneur en inclusions non métalliques révèle la présence d'inclusions de type oxydes globulaires D2. La taille de grain ASTM est de 7,5.

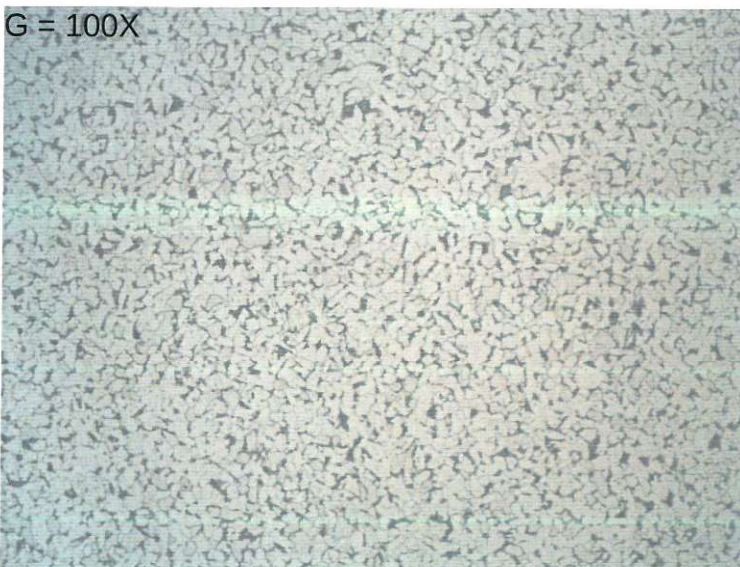
***Échantillon n°9 (OA3, Maison Alfort, diamètre 14 mm) :***

G = 100X



*État inclusionnaire*

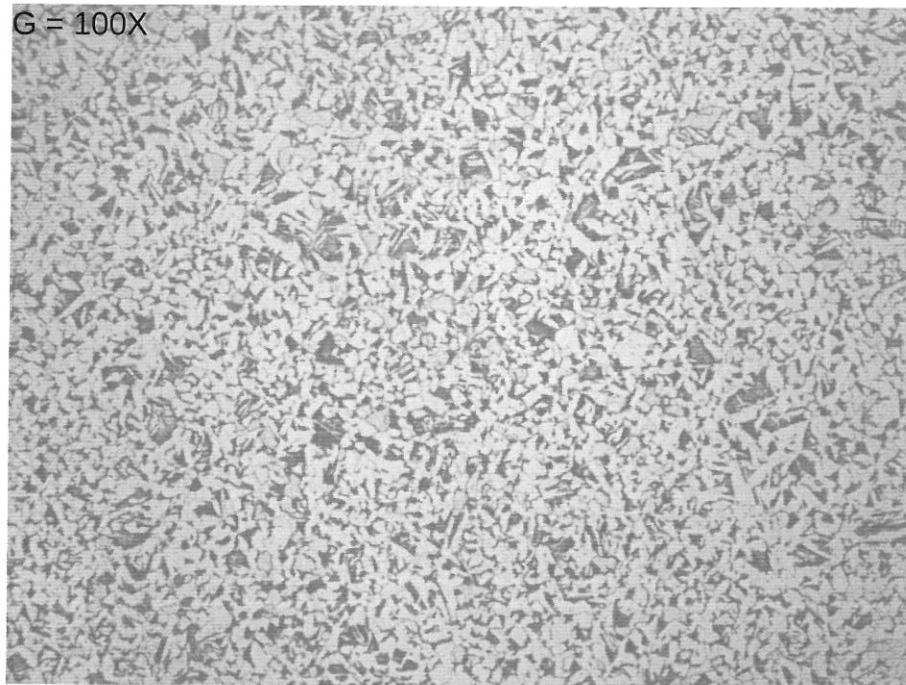
G = 100X



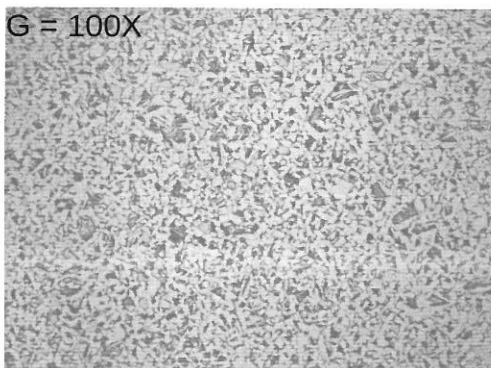
*Structure, après attaque acide*

La détermination de la teneur en inclusions non métalliques révèle la présence d'inclusions de type oxydes globulaires D2. La taille de grain ASTM est de 7.

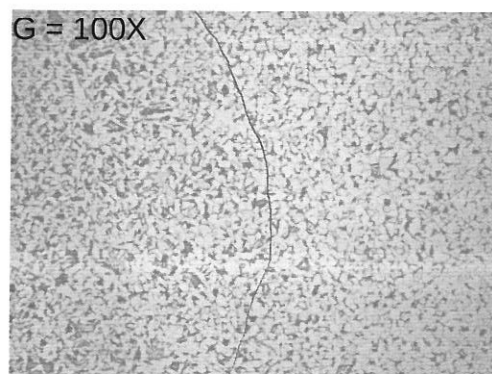
Il est à noter que la structure au centre de l'échantillon est légèrement différente, les grains ayant une apparence cunéiforme plutôt que équiaxe. Ceci est probablement dû à un refroidissement non totalement maîtrisé lors de la fabrication de l'acier. Cela ne devrait cependant pas avoir d'influence significative sur les caractéristiques mécaniques du métal. On observe le même phénomène, dans une moindre mesure, sur les échantillons 3 et 6.



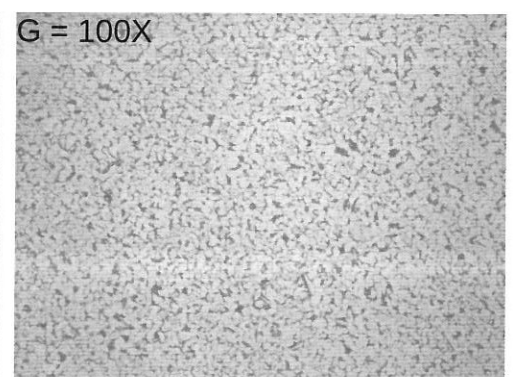
*Centre de l'échantillon, structure cunéiforme*



*Centre*



*Zone de transition*



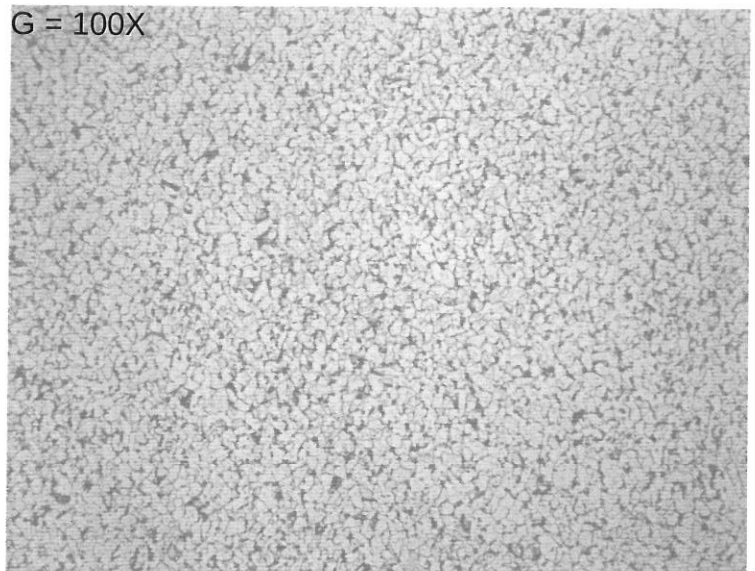
*Bord*

*Échantillon n°11 (OA4, Maison Alfort, diamètre 14 mm) :*

---



G = 100X



*État inclusionnaire*

*Structure, après attaque acide*

La détermination de la teneur en inclusions non métalliques révèle la présence d'inclusions de type oxydes globulaires D2 et de sulfures de type A1. La taille de grain ASTM est de 7,5.

#### Synthèse :

Dans tous les cas, la structure est relativement fine (taille des grains ASTM de 7 à 8,5), et de type ferrite-perlite. La teneur en inclusions reste contenue, mis à part pour les échantillons 3 et 4 qui présentent une assez forte proportion d'oxydes globulaires. Cependant, ce type d'inclusion est le moins fragilisant, par la forme sphéroïdale de celles-ci.

### **3. Analyse chimique**

---

Les analyses chimiques ont été réalisées par spectrométrie d'étincelle et par combustion.

Les échantillons analysés sont les mêmes que pour les observations métallographiques afin d'établir une correspondance :

- 3 et 4 : diamètre 12mm, OA 1 et 2
- 6 : diamètre 16mm, OA2
- 9 et 11: diamètre 14mm , OA 1 et 2

Les résultats sont synthétisés dans le tableau 2 et le rapport d'essais se trouve en annexe 2.

Echantillon	C	P	S	Cu	N	Ceq (calcul selon norme actuelle)
3	0,108	0,050	0,028	0,004	0,008	0,191
4	0,112	0,039	0,028	0,005	0,011	0,200
6	0,204	0,053	0,025	0,031	0,004	0,298
9	0,220	0,052	0,022	0,035	0,004	0,339
11	0,105	0,035	0,023	0,031	0,005	0,213
<b>Critère max. norme NF EN 10080 :2005</b>	<b>0,24</b>	<b>0,055</b>	<b>0,055</b>	<b>0,85</b>	<b>0,014</b>	<b>0,52</b>

Tableau 2 : Synthèse des analyses chimiques

Afin d'étudier la soudabilité des aciers du point de vue de la composition chimique, les résultats ont été comparés aux valeurs admissibles dans les normes actuelles d'acier à béton armé. Les seuils retenus sont ceux du tableau 2 de la norme NF EN 10080 (annexe 3).

Les taux de carbone sont inférieurs au maximum autorisé pour toutes les analyses, bien que proches pour les échantillons 6 et 9.

Les teneurs en éléments fragilisants (phosphore et soufre) sont inférieures aux seuils des normes actuelles pour la soudabilité. Le taux de phosphore s'approchant toutefois du seuil pour les échantillons 3, 6 et 9.

Les quantités de cuivre et d'azote, ainsi que les valeurs de carbone équivalent sont toutes inférieures aux limites autorisées.

Les aciers sont donc soudables du point de vue de leurs compositions chimiques selon les normes françaises actuelles.

#### 4. Caractéristiques mécaniques

Les essais de traction a été réalisé suivant la norme NF EN ISO 6892-1:2016.  
Les résultats, résumés dans le tableau 3, se trouvent en annexe 4.

Echantillon	Diamètre [mm]	R <sub>m</sub> [MPa]	R <sub>p0,2</sub> [MPa]	A <sub>5d</sub> % [%]
1	12	539	457	17,3
3	12	539	473	13,8
6	16	554	455	12,3
7	14	521	443	12,6
8	14	526	432	11,6
9	14	540	462	12,9

Tableau 3 : Résultats des essais de traction



Les résultats des essais (limite d'élasticité, limite à la rupture et allongement) sont du même ordre de grandeur pour tous les essais (mis à part un allongement plus élevé pour l'échantillon n°1).

Tous les aciers testés ont une limite élastique supérieure à 400 N/mm<sup>2</sup>, en réponse à la demande de la DIOA.

La géométrie des aciers et leurs caractéristiques mécaniques induisent qu'il s'agit probablement d'aciers de type Fe E 40 B selon le fascicule 4 titre I de 1967 dont l'allongement minimum garanti est de 12 % minimum (la norme NF A35-016 de juin 1978 décrit des aciers de type Fe E40, avec un allongement minimum garanti de 14 %).

La géométrie des aciers et la consultation des fiches d'agrément des aciers pour béton armé des années 1973 à 1981 semblent orienter la conclusion vers des aciers TOR (fiche 11 quater du 18/07/1975 : aciers de nuance Fe E40 A, annexe 5), bien que l'allongement soit inférieur au minimum requis par la norme et la fiche d'identification 11 quater (14%) pour tous les échantillons, hormis les n°1 et 3.

L'état de surface des aciers (verrous abîmés) ne permet pas d'observer le marquage pour confirmer cette information.

Dans tous les cas, la géométrie permet de confirmer que ces aciers ont été laminés à chaud puis torsadés et écrouis à froid (acier de type 1 selon la norme NF A 35-016 de juin 1978).

## 6. Conclusion

---

Les essais et observations réalisés ont permis de caractériser le métal des aciers à béton armé, en tant que Fe E 40A selon le fascicule 4 titre I de 1967 :

- Rm minimum : 476 MPa
- Re minimum : 420 MPa
- A % minimum : 12 %

La structure est relativement fine, et de type ferrite-perlite. Ces aciers sont laminés à chaud puis torsadés et écrouis à froid.

Les aciers sont soudables du point de vue de leurs compositions chimiques selon les normes françaises actuelles. *Cependant, des précautions devront être prises pour tenir compte de la teneur en inclusions non-métalliques et de son mode de fabrication (écrouissage à froid).*

*Rapport rédigé par F.Zimmermann et C.Meyer*

---

Vérifié par la responsable de  
l'activité Constructions métalliques  
- Anticorrosion

D.PRYBYLA P.i  


M.BOURQUENCIER

Validé par le chef du groupe  
Ouvrages d'Art

D.PRYBYLA  


D.PRYBYLA



# Annexe 1

Numérotation des  
échantillons et essais  
effectués

2017 66 043- Liste des échantillons pour échangeur A4/A86

Côté	Ouvrage	Echantillon	Diamètre	Numéro LN	Traction	Métallographie / Dureté	Analyse chimique
Saint Maurice	OA1	1	12	1	oui		
		2	12	2			
		3	12	3	oui	oui	oui
	OA2	1	12	4		oui	oui
		2	12	5			
		3	16	6	oui	oui	oui
Maison Alfort	OA3	1	14	7	oui		
		2	14	8	oui		
		3	14	9	oui	oui	oui
	OA4	1	14	10			
		2	14	11	oui	oui	oui
		3	14	12			



## Annexe 2

Analyses chimiques

## ESSAIS CHIMIQUES

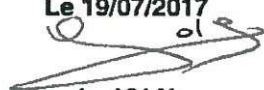
### PROCÈS VERBAL D'ESSAI

<b>DONNEUR D'ORDRE :</b> <b>Activité métal Nancy</b>	<b>DOSSIER :</b> <b>2017 66 043/C17EN0140</b>
---	--

<b>DEMANDEUR :</b> <b>Mme MEYER / M. DE MATTEIS</b>	
--	--

☒ Veuillez trouver, ci-après, les résultats d'essais sur les échantillons que vous nous avez fait parvenir.  
Les résultats mentionnés dans le présent procès-verbal ont été obtenus sur l'échantillon défini ci-dessous en application des normes et modes opératoires en vigueur au moment des essais.  
☒ La portée et les conclusions à tirer de ces résultats n'ont pas été demandées par le donneur d'ordre.  
Les renseignements de la partie grisée ne sont qu'une retranscription des informations fournies par le demandeur.

PRELEVEMENT/RECEPTION		IDENTIFICATION	
<b>PRELEVEMENT</b>	Effectué par : <b>Inconnu</b> Date : <b>Inconnue</b> Nombre : Lieu : <b>Échangeur A4/A86</b>	Référence des échantillons : <b>Voir tableau de résultats</b>	Conditionnement : <b>sans</b>
<b>TRANSPORT</b>	Effectué par : <b>Porteur</b>	Description du produit : <b>Aciers Aciers Tor diamètres 12, 16 et 14 mm déjà utilisés.</b>	
<b>RECEPTION</b>	Activité Chimie : Effectuée le : <b>10/07/2017</b> Par : <b>A. BENNOUNE</b>		
<b>FIN DE L'ESSAI</b>	Terminé le : <b>19/07/2017</b> Réalisé par : <b>L. JOLY, A. BENNOUNE</b>		

OBSERVATIONS	
<b>DU DONNEUR D'ORDRE :</b> <b>AUCUNE</b>	<b>A LA RECEPTION :</b> <b>AUCUNE</b>
La reproduction de ce procès-verbal n'est autorisée que sous la forme de fac-similé photographique intégral.	Le Responsable de l'Activité Chimie  Le 19/07/2017  <b>L. JOLY</b>



## RESULTATS DES ESSAIS

ANALYSES CHIMIQUES D'ACIER PAR SPECTROMETRIE D'ETINCELLE (JOBIN VON JY32E) ET PAR COMBUSTION (LECO TC400)

Échangeur A4/A86	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	As	Cu	Sn	Ti	V	Nb	B	N	Ceq
Saint Maurice OA 1 φ12 échantillon 3	0,108	<0,005	0,46	0,050	0,028	0,016	0,000	0,045	< 0,005	0,075	0,004	<0,005	< 0,005	0,000	<0,005	< 0,005	0,008	0,191
Saint Maurice OA 2 φ12 échantillon 1	0,112	<0,005	0,49	0,039	0,028	0,013	0,000	0,041	< 0,005	0,051	0,005	<0,005	< 0,005	0,000	<0,005	< 0,005	0,011	0,200
Saint Maurice OA2 φ16 échantillon 3	0,204	0,068	0,51	0,053	0,025	0,020	0,000	0,047	< 0,005	0,064	0,031	<0,005	< 0,005	0,000	<0,005	< 0,005	0,004	0,298
Maison Allort OA 3 φ14 échantillon 3	0,220	0,021	0,55	0,052	0,022	0,018	0,005	0,052	< 0,005	0,073	0,035	<0,005	< 0,005	0,000	<0,005	< 0,005	0,004	0,339
Maison Allort OA 4 φ14 échantillon 2	0,105	0,048	0,59	0,035	0,023	0,019	0,006	0,048	< 0,005	0,048	0,031	<0,005	< 0,005	0,000	<0,005	< 0,005	0,005	0,213

## Annexe 3

Seuils de soudabilité

**Tableau 2 — Composition chimique (% en masse)**

	<b>Carbone<sup>a)</sup></b> max.	<b>Soufre</b> max.	<b>Phosphore</b> max.	<b>Azote<sup>b)</sup></b> <i>N</i> max.	<b>Cuivre</b> max.	<b>Valeur du carbone équivalent<sup>a)</sup></b> max.
Analyse de coulée	0,22	0,050	0,050	0,012	0,80	0,50
Analyse de produit	0,24	0,055	0,055	0,014	0,85	0,52

*a) Il est autorisé de dépasser les valeurs maximales pour le carbone de 0,03 % en masse pour autant que la valeur du carbone équivalent soit diminuée de 0,02 % en masse.*

*b) Des teneurs supérieures en azote sont admissibles si des quantités suffisantes d'éléments fixant l'azote sont présentes.*

## Annexe 4

Essais de traction



**Client :**  
DRIEA / Dir IF  
21-23 rue Miollis  
75732 PARIS Cedex 15

**Affaire :** Échangeur A4/A86

**Machine de traction :** WB **Norme d'essai :** NF EN ISO 6892-1  
**Vitesse de traction :** V1 = 20 MPa/s **Mode de contrôle :** Méthode B  
V2 = 20 mm/Min  
V3 = 40 mm/min

**Opérateur :** G. BRICE **Date des essais :** 13/07/17

Repères	diamètre mm	section S0 mm²	rupture Rm		limite élastique Rp0,2		allongement		
			daN	N/mm²	daN	N/mm²	Lo	L	A%
1	12,00	113,0	6091	539	5164	457	60,0	70,4	17,3
3	12,00	113,0	6091	539	5345	473	60,0	68,3	13,8
6*	16,00	201,0	11135	554	9146	455	80,0	89,8	12,3
7	14,00	154,0	8023	521	6822	443	70,0	78,8	12,6
8	14,00	154,0	8100	526	6653	432	70,0	78,1	11,6
9	14,00	154,0	8316	540	7115	462	70,0	79,0	12,9
10	14,00	154,0	8439	548	7022	456	70,0	79,2	13,1

**Observation**

\*: ech 6 sur presse HUS 100 (V1= 20 MPa/s et V2= 0,2%/s)

Lo = ~~5,65V80~~ 5d

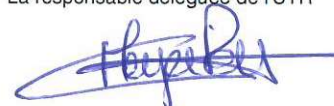
L'accréditation par le COFRAC atteste uniquement de la compétence technique du laboratoire pour les essais couverts par l'accréditation. La reproduction de ce procès-verbal n'est autorisée que sous la forme d'une copie intégrale. Il se compose de 1 feuille. L'incertitude de mesure estimée peut être portée à la connaissance du client sur sa demande explicite. Les résultats mentionnés dans le présent procès-verbal ont été obtenus sur les échantillons définis ci-dessus en application des normes et modes opératoires en vigueur au moment des essais

Le : 21/07/17  
Le Technicien Responsable d'Essais



G. BRICE

Le : 24/07/2017  
La responsable déléguée de l'UTR



C. MEYER

## Annexe 5

Fiche d'identification n°11  
quater, juillet 1975 et  
modification du 11 octobre  
1976

juillet 1975

FICHE D'IDENTIFICATION N° 11 quater  
d'armature à haute adhérence

présentée par : Société Acier Tor, 4, rue de Ponthieu, 75008 Paris,  
tél. : 225-62-50, en application du chapitre III « Armatures à  
haute adhérence » du fascicule IV, titre I<sup>er</sup>, du cahier des prescrip-  
tions communes applicables aux marchés de travaux publics (décret  
n° 67-856 du 11 septembre 1967),  
acceptée par décision n° 22 le 18 juillet 1975.

Dénomination du produit : ACIER TOR.

PRODUCTEURS	ATELIERS de torsedage.	CONTROLES
Forges et aciéries Roehling, Burbach-Flavosar.	Voelklingen.	Voelklingen.
Usinor .....	Longwy-Lourvrol, Valenciennes.	Longwy-Lourvrol, Valenciennes.
Sacilor (ex-Wendel-Sidelor)...	Homécourt, Jœuf, Krutange.	Homécourt, Jœuf, Krutange.
Neunkircher Eisenwerk.....	Neunkirchen.	Neunkirchen.
Sté métallurgique de Norman- die.	Mondeville.	Mondeville.
Aciéries et tréfileries de Neu- ves-Maisons, Châtillon.	Neuves-Maisons.	Neuves-Maisons.
Hauts fourneaux de la Chiers.	Valenciennes- Lourvrol.	Valenciennes- Lourvrol.
Métallurgique et minière de Rodange - Athus (M.M.R.A.), Le Fer à béton.	Athus-Thionville.	Rodange.

PREMIERE PARTIE

La fiche concerne exclusivement les diamètres de 6 à 40 mm compris.

Programme de fabrication.

DIAMÈTRE (en mm)											
6	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	Roechling-Burbach .....
8	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	Ushnor .....
10	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	Sacilor .....
12	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	Neunkirchen .....
14	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	S. M. N. ....
16	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	A. T. Neuves-Maisons .....
20	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	H. F. de la Chiers .....
25	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	M. M. R. A., Le Fer à béton .....
32	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
40	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	

Caractères mécaniques garantis.

Classe : Fe E 40 A.

Limite d'élasticité minimale $\sigma'_{eg}$	MPa ou N/mm <sup>2</sup>	d	
		$\leq 20$	$> 20$
Contrainte minimale de rupture par traction $\sigma'_{arg}$	MPa ou N/mm <sup>2</sup>	480	
Allongement minimal de rupture $\epsilon_{arg}$ (%)		14	
Diamètre maximal du mandrin pour essai de pliage à 180°.		2,5 d	
		3 d	
		3,5 d	
		5 d	
Diamètre maximal du mandrin pour essai de pliage-dépliage.		7 d	
		5 d	
		6 d	
		8 d	
		10 d	
		12 d	

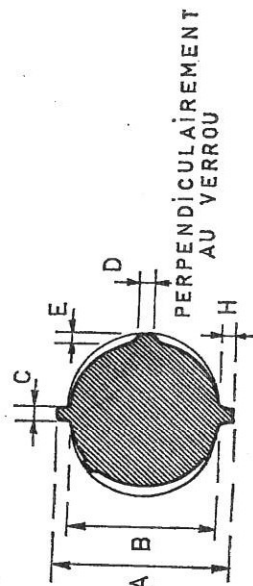
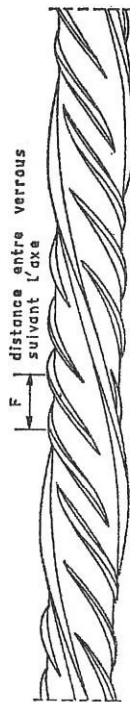


DEUXIEME PARTIE

Désignation commerciale : ACIER TOR.  
Le producteur garantit que la désignation ci-dessus s'applique exclusivement aux armatures faisant l'objet de la présente fiche.  
Désignation sur les dessins : lettre T suivie de l'indication du diamètre nominal.  
Procédé d'élaboration : acier doux laminé à chaud, écroui ensuite par torsion à froid.  
Fourchette des analyses de coulée visée par le producteur :  
Teneur maximale en carbone : 0,20 p. 100.

Caractères géométriques.

Description :  
Rond pourvu de deux nervures hélicoïdales ; les diamètres supérieurs à 10 mm comportent en plus des verrous obliques, de pente différente de celle des nervures continues, de même sens qu'elles et ne les touchant pas.

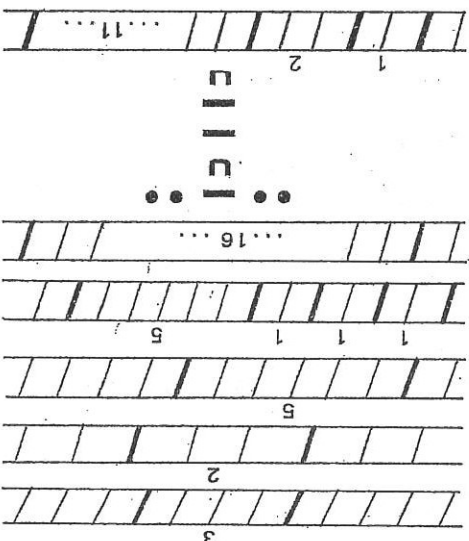
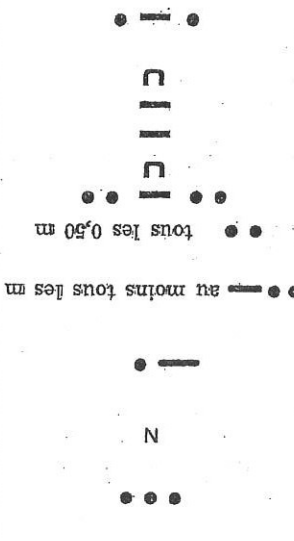
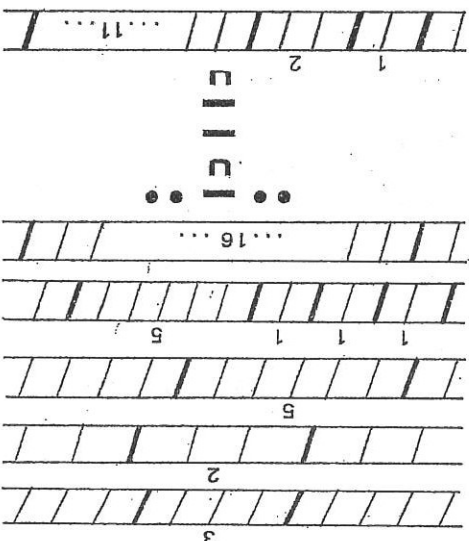


Diamètres nominaux : 6, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 25, 32 et 40 mm.  
Tolérances :  
Les tolérances sont celles de l'article 6 du fascicule 4, titre 1<sup>er</sup>.

Paramètres définissant la forme de la section transversale :  
(Les cotes sont données en millimètres.)

Diamètre nominal	Encombrement :		Nervures :		Verrous :		Moyeu de verrou :		Pas de torsion maximal.	
	A	B	H	C	D maximal	E maximal	F maximal			
6	7,10	6,93	0,48	0,60	0,60	0,80	0,80	0,60	0,60	0,60
8	9,45	7,90	0,64	0,80	0,80	1,00	1,20	0,80	0,80	0,80
10	11,80	9,88	0,96	1,12	1,12	1,40	1,60	1,20	1,20	1,20
12	14,20	11,85	1,28	1,60	1,60	2,00	2,40	1,60	1,60	1,60
14	16,60	13,82	1,60	2,00	2,00	2,50	3,00	2,00	2,00	2,00
16	18,85	15,80	2,00	2,50	2,50	3,20	3,80	2,50	2,50	2,50
192	23,60	19,75	2,50	3,20	3,20	4,00	4,80	3,20	3,20	3,20
240	29,60	24,70	3,00	3,80	3,80	4,80	5,80	3,80	3,80	3,80
300	38,00	31,60	4,00	4,80	4,80	6,00	7,20	4,80	4,80	4,80
384	47,50	39,50	5,00	6,00	6,00	7,20	8,80	5,80	5,80	5,80
480										

Des particularités venues de laminage indiquent la provenance des barres de diamètre supérieur à 8 mm.  
Ce sont :  
— ou deux verrous plus gros, enserrant un nombre de verrous normaux caractéristique de l'usine (barres de 12 mm et plus) ;  
— ou des signes particuliers en relief entre les nervures ( $d \leq 10$ ) et entre les verrous ( $d > 10$ ).  
Ces marquages se reproduisent périodiquement à raison d'une fois au moins par mètre.

MARQUAGES	USINES	PRODUCTEURS	
		Sachor .....	Société métallurgique de Normandie.
 Système verrous, nombre de verrous, normaux entre deux verrous plus gros. $d > 10$ $d \leq 10$		Homécourt, Jeuf, Kuntange, Mondeville.	Acieries et tréfileries de Neuves-Maisons, Châtillon.
		Neuves-Maisons.	Forges et aciéries Voelklingen.
 tous les 0,50 m au moins tous les m		Neunkirchen.	Neunkircher-Eisenwerk
		Longwy, Louvroil, Anzin, Anzin, Louvroil.	Usinor .....
 1 2 1 1 5 5 2 3		Louvroil.	Hauts fourneaux de la Chiers.
		Athus-Thionville.	M. M. R. A. - Le Fer à béton.

Caractères d'adhérence. Les coefficients d'adhérence sont au moins égaux à :  
— coefficient de fissuration :  $\eta = 1,6$  ; coefficient de scellement :  $\phi_a = 1,5$ .

### Recommandations d'emploi.

En raison du procédé de fabrication, les extrémités des barres peuvent présenter des longueurs non torsadées. Hors le cas du soudage, aucune restriction n'est apportée à l'emploi de telles barres si les longueurs non torsadées n'excèdent pas la plus faible des valeurs suivantes : 10 d ou 15 cm.

En cas de soudage en bout et par recouvrement, les parties non torsadées doivent être obligatoirement chutées, quelle qu'en soit la longueur.

#### Conditions de cintrage :

Sous réserve du respect de la condition de non-écrasement du béton édictée par ailleurs, les diamètres minimaux des mandrins de cintrage à employer à l'atelier et au chantier sont ceux indiqués au tableau ci-dessous :

	DIAMÈTRE NOMINAL DES BARRES (en mm)										
	6	8	10	12	14	16	20	25	32	40	
Diamètre minimal de mandrin de cintrage (en mm) :											
Etriers et cadres.	30	30	40	40							
Ancrages (1).....	60	80	100	120	140	170	200	250	320	400	
Coudes (2).....			140	170	200	250	320	400	500	500	

- (1) Toute disposition d'ancrage d'extrémité par courbure.
- (2) Changement de direction de l'armature.

#### Façonnage :

Il est recommandé d'éviter les à-coups, d'effectuer le façonnage à la machine munie de mandrins à gorge à une vitesse modérée et régulière inférieure à celle utilisée pour les aciers doux.

Si la température est inférieure à  $+5^{\circ}\text{C}$ , il convient de réduire si possible la vitesse de cintrage ; sinon de multiplier par 1,5 le diamètre de mandrin du tableau ci-dessus à condition que cette augmentation soit compatible avec les dispositions de l'ouvrage.

Si la température est inférieure à  $-5^{\circ}\text{C}$ , il est préférable de ne pas cintrer.

Tout dépliage comporte des risques et est formellement déconseillé.

#### Soudage :

Dans tous les cas où le soudage est envisagé et afin de connaître les modalités préconisées, il convient de se mettre en rapport avec le représentant des fournisseurs (Société Acier Tor, 4, rue de Ponthieu, 75008 Paris, tél. : 225-62-50) qui fournira la documentation nécessaire.

Le soudage de l'acier Tor à l'arc électrique avec électrodes enrobées est possible moyennant les conditions et précautions suivantes :

- chute impératif des extrémités non torsadées des barres en cas de soudage en bout ou par recouvrement.
- vérification de la convenance du matériel et de la qualification du personnel par des essais préalables ;
- faible apport d'énergie ;
- respect d'un temps de refroidissement entre passes successives.

Dans ces conditions, l'acier Tor peut être soudé :

- bout à bout, par passes successives ;
- avec recouvrement, par cordon de soudure d'un seul côté, en exécutant le nombre de passes nécessaires.

Sous réserve d'un réglage précis des machines utilisées, il est également soudable bout à bout par étincelage ou par friction.

L'assemblage par soudage d'armatures se croisant peut être fait :

- par résistance, au moyen de machines automatiques, et suivant un programme étudié ;
- à l'arc, avec électrodes enrobées, dans des conditions étudiées pour éviter, d'une part, la fragilisation des barres et, de l'autre, le recuit.

Le soudage à l'arc sous flux gazeux avec fil électrode fusible peut également être admis dans les divers cas ci-dessus moyennant les précautions inhérentes à ce mode de soudage.

*Longueurs courantes :*

10/15 mètres. Au-dessus de certains diamètres, il peut être fourni des barres plus longues.



Modification du 11 octobre 1976

### 3° Modifications de marquage.

Dans la fiche d'identification n° 11 *quater*, annexée à la décision n° 22 du 18 juillet 1975, il y a lieu de modifier le tableau des marques de laminage de la manière suivante :

a) Les armatures de diamètre 10 mm, produites par SACLOR pourront être marquées soit de trois points comme indiqué dans le tableau, soit d'un verrou incliné, disposé sur un seul chant à intervalle d'environ 30 cm.

b) Société USINOR ; usine de Longwy ; l'ancien marquage (...—.) est remplacé par le suivant (...).

c) Acieries et tréfileries de Neuves-Maisons, Châtillon ; usine de Neuves-Maisons d  $\leq 10$  mm, l'ancien marquage (—.) est remplacé par « deux barres inclinées, distantes d'environ 10 mm, et se répétant en moyenne tous les 48 cm ».

4° La fiche d'identification n° 16, annexée à la décision n° 2 du 20 mars 1969 est annulée, le producteur ayant cessé ses fabrications d'armatures à haute adhérence dénommées « RUMI LU 3 » depuis le mois de septembre 1976.

Pour le ministre de l'équipement :

Pour le directeur du bâtiment  
et de travaux publics et de la conjoncture :

*L'ingénieur en chef des ponts et chaussées,  
chef de la mission de la normalisation  
et de la réglementation technique,*

R. MAURUS.