

**AGENCE D'ESSAI FERROVIAIRE**

LABORATOIRE ACCRÉDITÉ, MEMBRE DU GIE EURAILTEST



**EXPERTISE DE DEUX ROUES DE L'ESSIEU TYPE 9054 DU  
WAGON N°3780 784 6371-8 DE LA SOCIETE NACCO**

**DOC021901 / MES010029**

Laboratoire Matériaux - Environnement - Structures

**Destinataire :**  
Monsieur Didier DENGLOS  
DM/MF  
15 rue traversière  
75 580 PARIS  
CRT IDF Secteur PSE

**EXPERTISE DE DEUX ROUES DE L'ESSIEU TYPE 9054 DU WAGON N°3780 784 6371-8 DE LA SOCIETE NACCO**

**Résumé :**

*La roue A1 présente une fissure qui s'est propagée en fatigue, avec multiamorçage, à partir de la face externe, sous une sollicitation de flexion. La roue A2 quant à elle ne présente aucune fissure.*

*Les analyses des résultats des essais mécaniques et métallurgiques ont permis de mettre en évidence plusieurs anomalies pour les deux roues :*

- une épaisseur de toile inférieure au minimum imposé au plan (19,1 mm pour 22 mm) au niveau de la zone fissurée,
- une dispersion des épaisseurs de toile sur la circonférence (19,45 mm à 23,16 mm),
- un rayon de courbure dans l'ondulation de la toile trop faible (55 mm pour 70 mm),
- une rugosité importante (Ra supérieur à 25 µm),
- une résistance maximale à la traction en limite basse (826 MPa pour 820 MPa),
- décarburation et structure de Widmannstätten en surface.

*A ces observations, peuvent s'ajouter les conditions de services, chargements, voies, freinages qui jouent directement sur le niveau de sollicitations sur la roue, non contrôlées à ce jour.*

**Elaboration du rapport**

Rédacteur


Nom : Y. CHEYNET  
Fonction : Chargé de prestation  
Tel : 419 376

Vérificateur

Nom : W. d'HARDIVILLIERS  
Fonction : Ingénieur d'étude  
Tel : 419 373

**Validation du rapport**

Nom : J.L. TRANCART  
Fonction : Responsable de pôle  
Tel : 419 353  
Date et visa :

Le 18 janvier 2011 

*Il annule et remplace le rapport DOC020568*

**Avertissement :**

Les résultats présentés dans ce document ne se rapportent qu'aux produits soumis à l'essai, suivant les conditions indiquées dans son contenu. La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 16 pages de texte et 9 pages d'annexes.

## TABLE DES MATIÈRES

		<u>Page</u>
1 -	OBJET	3
2 -	PIECES SOUMISES A ESSAIS	3
3 -	EXAMENS ET ESSAIS	3
3.1 -	Examen Visuel avant décapage	3
3.2 -	Examen Visuel après décapage	4
3.3 -	Examen magnétoscopique	6
3.4 -	Examen dimensionnel sur les roues complètes	7
3.5 -	Examen dimensionnel sur des tranches des roues	8
3.6 -	Contraintes résiduelles dans la jante	10
3.7 -	Contraintes résiduelles en surface dans la toile de la roue fissurée	11
3.8 -	Essai de rugosité	11
3.9 -	Examen fractographique	12
3.10 -	Examens micrographiques	12
3.11 -	Analyse chimique	13
3.12 -	Essai de dureté	14
3.13 -	Essai de traction.	15
3.14 -	Essai de résilience	15
4 -	CONCLUSION	16

## ANNEXES

Annexe 1	Plan	1 feuille
Annexe 2	Contrôle géométrique	3 feuilles
Annexe 3	Plans de prélèvement	3 feuilles
Annexe 4	Rugosité	2 feuilles

## 1 - OBJET

Suite au déraillement d'un wagon exploité par la société NACCO, causé par la rupture d'une roue, des examens visuels plus poussés ont été réalisés sur tout le parc.

Plusieurs roues ont alors été détectées avec des fissures circonférentielles dans la toile. Un de ces essieux, détecté à Thionville, a été expédié à l'Agence d'Essai Ferroviaire pour expertise, afin de déterminer les causes de ces fissurations.

## 2 - PIECES SOUMISES A ESSAIS

L'expertise porte sur les deux roues de l'essieu type 9054 n°543075 du wagon n°3780 784 6371-8, détecté à Thionville. Ces deux roues sont de fabrication Valdunes et portent le marquage UV B 8337 7 95 R7. Elles sont fabriquées selon le plan SNCF 10-4005 784 ([annexe 1](#)). Pour la suite de l'expertise, la roue détectée fissurée en service sera repérée A1 tandis que la seconde sera repérée A2.

## 3 - EXAMENS ET ESSAIS

### 3.1 - Examen Visuel avant décapage

La roue A1 présente deux fissures sur la face externe, dans la toile au rayon 335 mm. La première (photo 1) s'étend sur 310 mm et la seconde plus fine (photo 2) sur 100 mm. En face interne, seule la première fissure semble déboucher sur 260 mm de long.

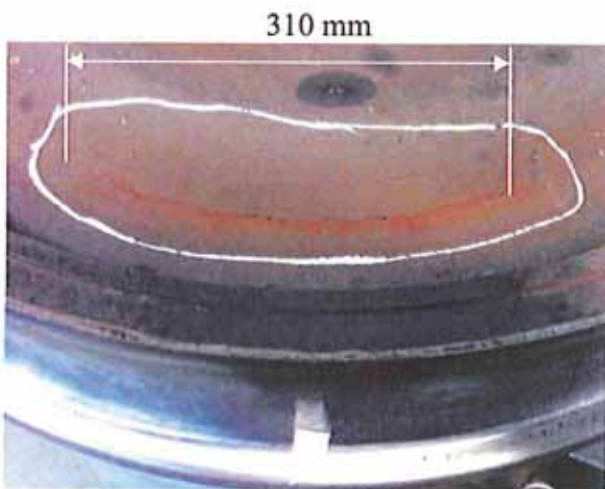


Photo 1 : Roue A1 fissure de 310 mm face externe

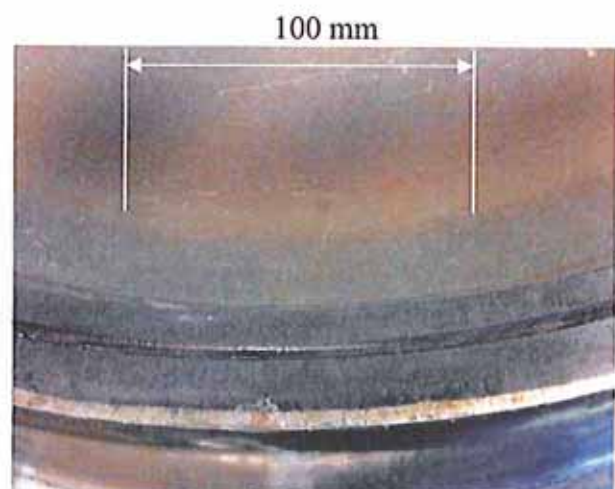


Photo 2 : Roue A1 fissure de 100 mm face externe

La face externe des jantes des deux roues est fortement oxydée sur toute sa largeur sauf les dix millimètres aux abords de la table de roulement où l'aspect est brillant suite à des frottements. De plus des cavités s'apparentant à des écaillages sont observées (voir les photos 3 et 4).

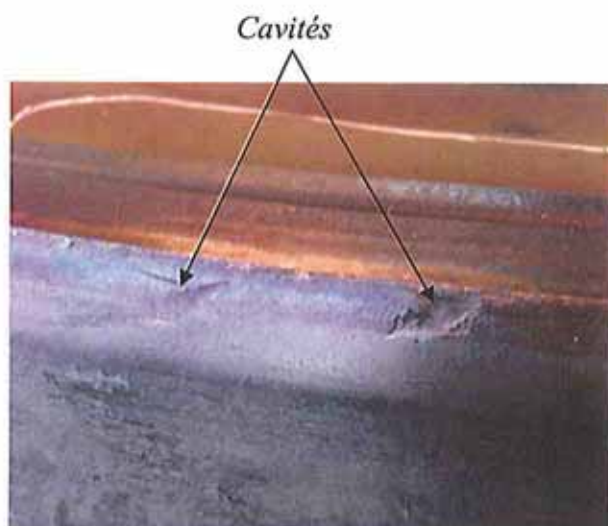


Photo 3 : Roue A1

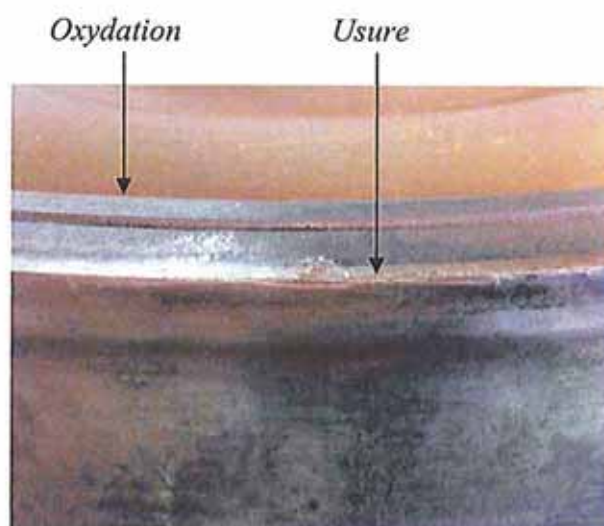


Photo 4 : Roue A1

Au premier abord, la peinture semble homogène et ne présente pas de trace de choc ou de blessure. Au cours de l'opération de décapage, des couches supplémentaires (voir la photographie 5) et des coulures (voir la photographie 6) ont été mises en évidence.

La roue A2 ne présente aucune trace de fissure à l'examen visuel.

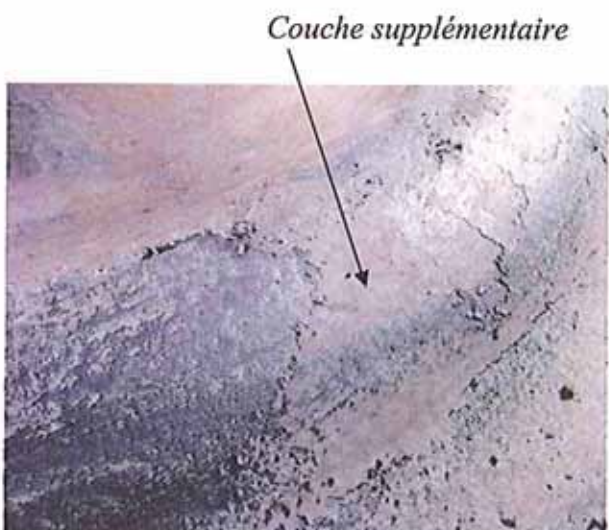


Photo 5 : Roue A2 face externe



Photo 6 : Roue A2 face externe

### 3.2 - Examen Visuel après décapage

Après décapage chimique de la peinture sur les roues A1 et A2, on retrouve des zones de léchage de la toile par usinage (dans les raccordement toile/jante et toile/moyeu). De plus, des zones ont été meulées sur les deux roues, sur des secteurs bruts (voir la photographie 7) ou usinés. (voir la photographie 8).

Il est à noter que les zones usinées ou meulées sont exemptes d'oxydation signe d'une bonne efficacité de la protection par la peinture.



Photo 7 : Roue A2 face interne



Photo 8 : Roue A2 face externe

La fissure la plus importante reste bien apparente, sur les deux faces de la roue (voir les photographies 9 et 10), tandis que la fissure la plus petite devient plus difficile à observer.



Photo 9 : Roue A1 face externe

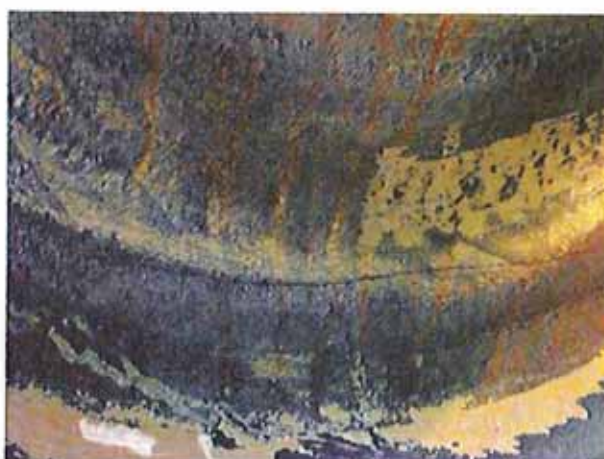


Photo 10 : Roue A1 face interne

En face externe, la fissure est très découpée et chaque portion de quelques millimètres semble suivre une orientation préférentielle, correspondant à l'état de surface de la toile brute (voir les photographies 11 et 12).



Photo 11 : Roue A1 face externe



Photo 12 : Roue A1 face externe

### 3.3 - Examen magnétoscopique

Sur la roue A1, l'examen met en évidence, en face externe, une série d'indications circonférentielles au rayon 335 mm, répartie de la manière suivante :

- une indication circonférentielle continue de 310 mm (photo 13). Elle correspond à la fissure détectée visuellement (photo 1). Celle-ci débouche en face interne sur 260 mm (photo 14).
- une zone d'indications circonférentielles discontinues sur 100 mm (photo 15),
- une indication circonférentielle continue de 100 mm (photo 16) Elle correspond en partie à la fissure détectée visuellement (photo 2).

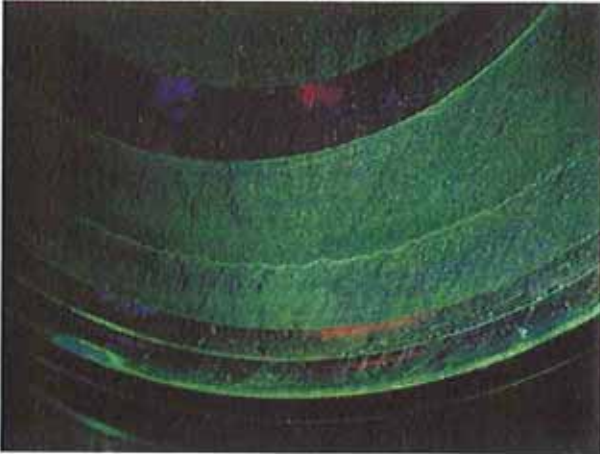


Photo 13 : Roue A1 face externe

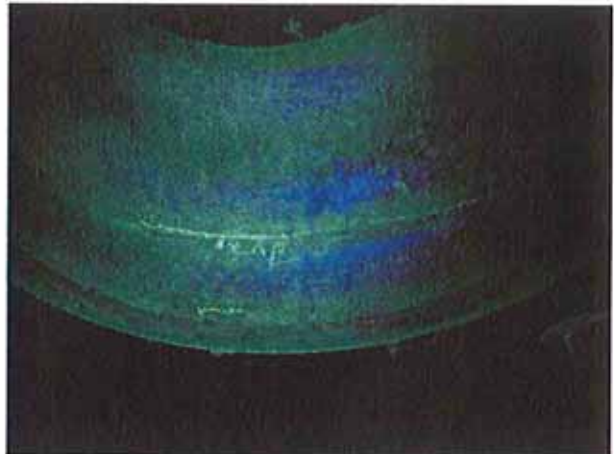


Photo 14 : Roue A1 face interne

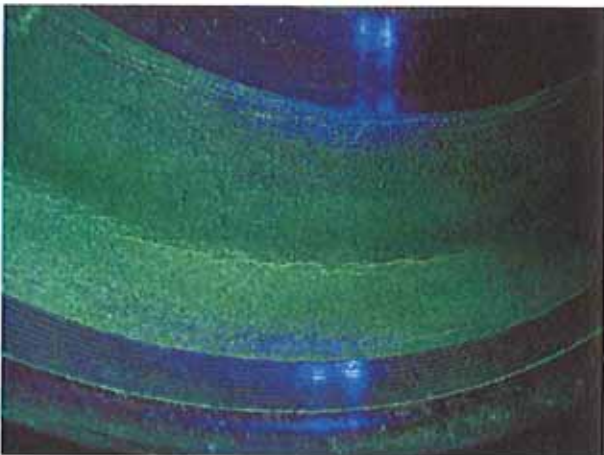


Photo 15 : Roue A1 face externe

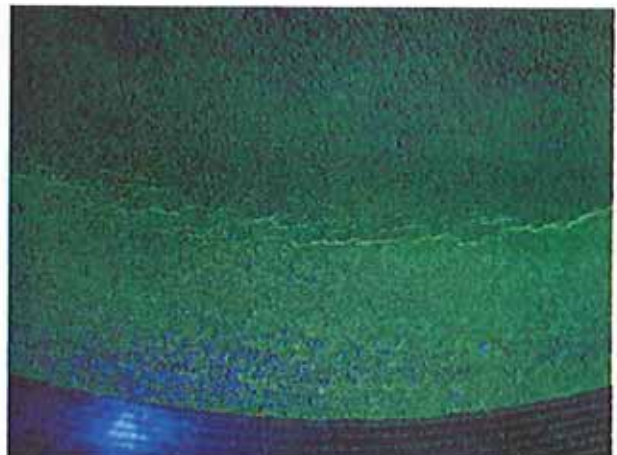


Photo 16 : Roue A1 face externe

Sur la roue A2, sur les trois quarts de la périphérie, on retrouve dans le creux de l'ondulation en face externe au rayon 350 mm, de fines indications orientées (voir la photographie 17).

Un important bruit de fond est détecté, correspondant à l'état de surface très perturbé de la toile (voir la photographie 18).



Photo 17 : Roue A2 face externe

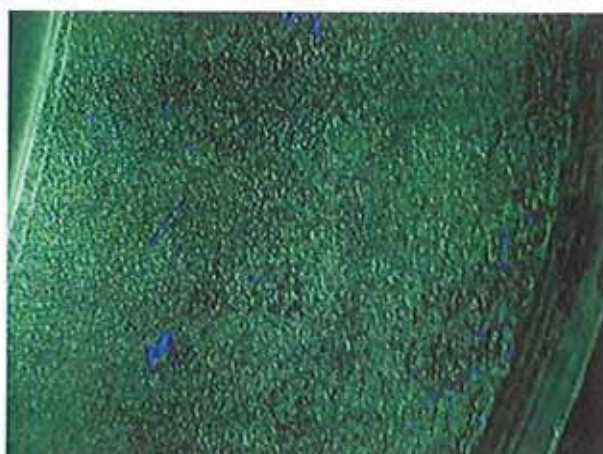


Photo 18 : Roue A2 face externe

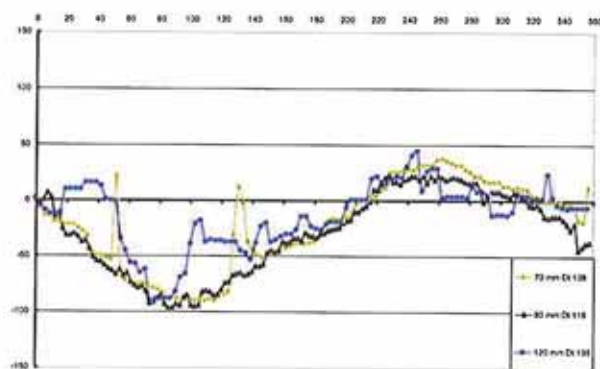
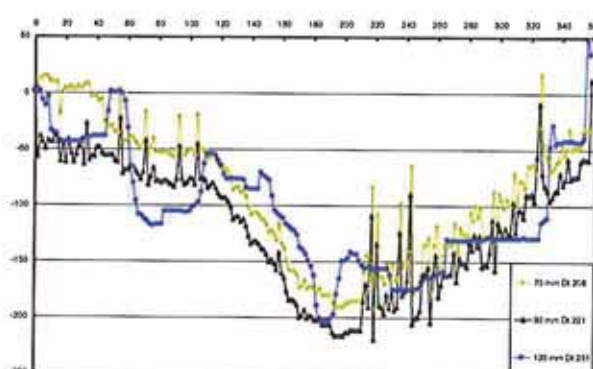
### 3.4 - Examen dimensionnel sur les roues complètes

Les relevés réalisés en établissement sont repris dans le tableau 1.

		Ei (mm)	Diamètre (mm)	dT (mm)	qR	Epaisseur boudin	Hauteur boudin
Essieu A	Roue A1	1361,3	908	0,23	8,4	29,9	30
	Roue A2		908	0,26	8,9	28	30

Tableau 1 : relevé dimensionnel

Le relevé du profil circonférentiel de chacune des roues met en évidence un faux rond de 0,15 mm pour la roue A1 et de 0,25 mm pour la roue A2. Ces relevés font respectivement l'objet des figures 1 et 2.

Figure 1 : Roue A1 profil circonférentiel  
(Table de roulement)Figure 2 : Roue A2 profil circonférentiel  
(Table de roulement)

Le relevé est aussi réalisé sur les faces internes et externes de la jante voir les figures 3 et 4). Il met en évidence un « voile » atteignant 0,8 mm pour la roue A1 et 1,2 mm pour la roue A2.



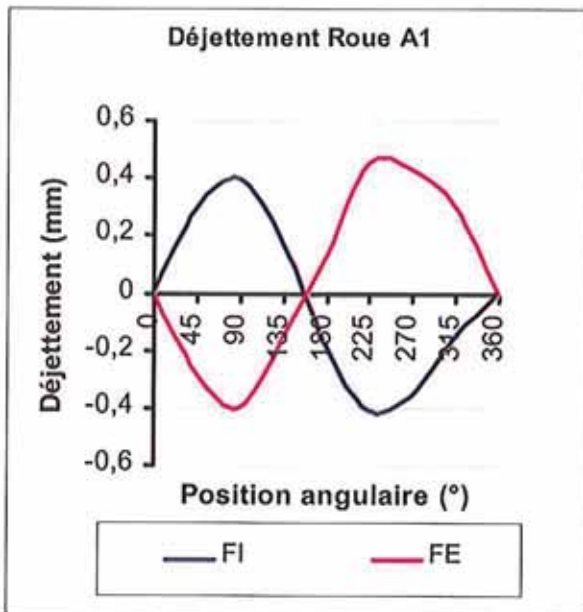


Figure 3 : Roue A1 profil circonférentiel  
(Faces latérales de la jante)

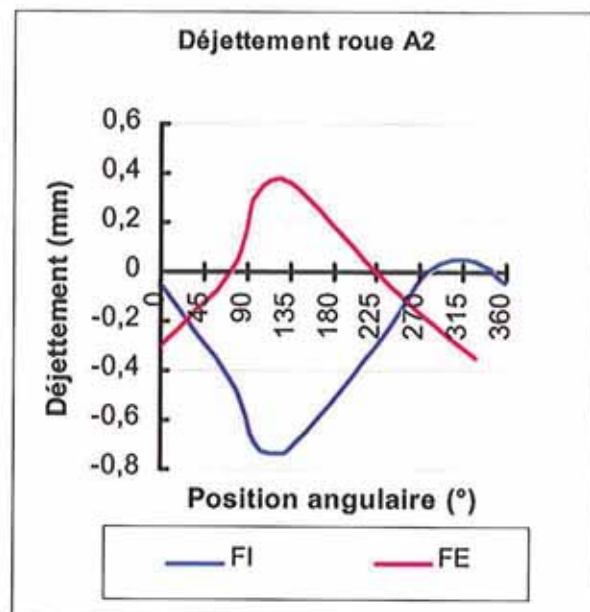


Figure 4 : Roue A2 profil circonférentiel  
(Faces latérales de la jante)

Le relevé axial ne montre aucune anomalie, ou usure localisée dans les zones fissurées (voir les figures 5 et 6). Les profils se confondent dans les zones de toile saine ou fissurée.

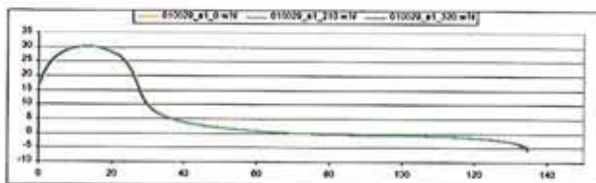


Figure 5 : Roue A1 profil axial  
(Table de roulement)

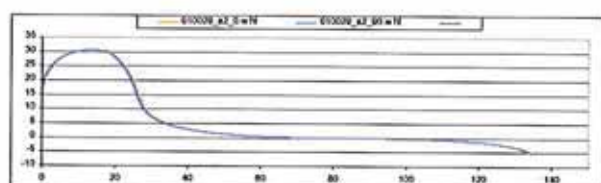


Figure 6 : Roue A2 profil axial  
(Table de roulement)

### 3.5 - Examen dimensionnel sur des tranches des roues

Des tranches ont été prélevées sur les deux roues pour analyser la géométrie de la toile. Des mesures d'épaisseurs ont été réalisées sur plusieurs rayons indiqués sur le plan reporté en figure 7. Les mesures sont réalisées avec un logiciel informatique sur les photographies reprises en annexe 2. Les résultats sont synthétisés dans le tableau 2.

Repère	Position angulaire	Rayons			
		380	335	310	235
PLAN	-	22 <sub>0</sub> <sup>5</sup>	-	25 <sub>0</sub> <sup>5</sup>	31 <sub>0</sub> <sup>10</sup>
A1 V1	270°	24,45	23,16	26,64	35,24
A1 V2	90°	23,44	19,45	25,80	34,40
A1 H	45°	23,94	21,79	26,64	34,90
A2 V	0°	23,94	19,13	26,47	34,40
A2 H	45°	23,61	20,14	26,47	34,23

Tableau 2 : Mesures d'épaisseurs de toile (exprimées en millimètres)

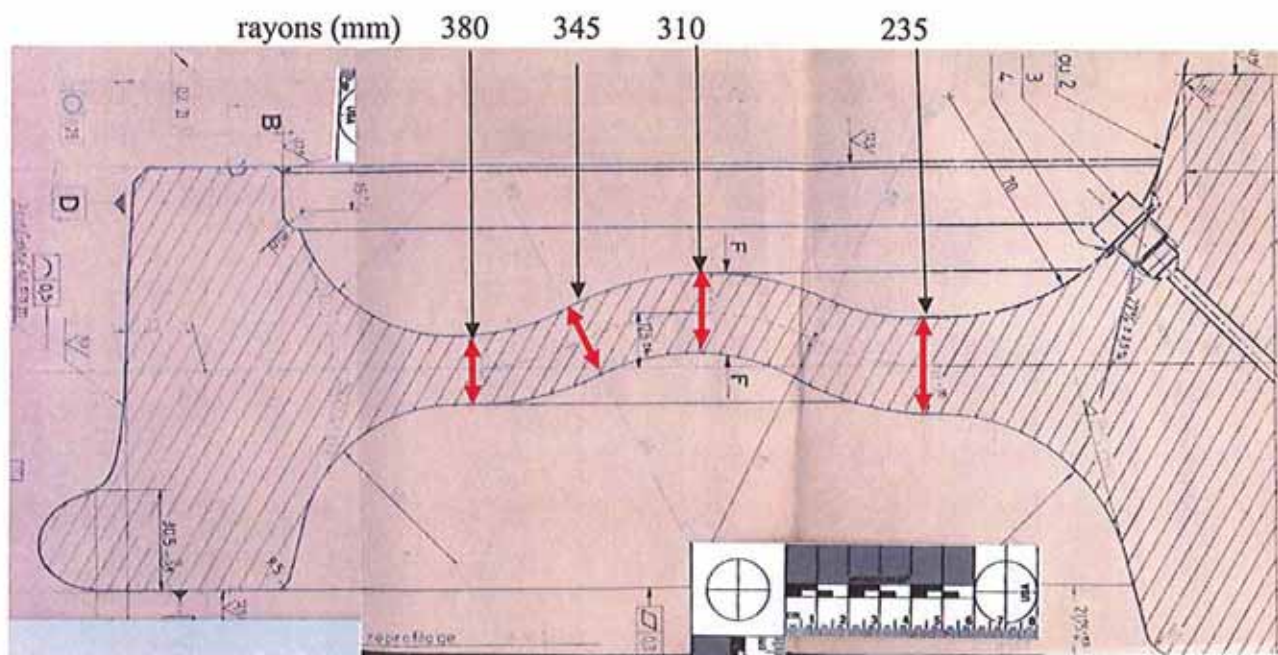


Figure 7 : Roue A1 coupe radiale de la toile

Ces mesures mettent en évidence sur les deux roues, des épaisseurs inférieures au minimum imposé par le plan aux abords du rayon 335 mm. De plus, la roue A1 présente des variations importantes selon la position angulaire, puisque l'on passe de 19,45 mm à 23,16 mm sur le même rayon.

La superposition du plan et des photos de tranches de roues (annexe 2) met en évidence un écart de cinq millimètres au niveau de l'ondulation. Cet écart se traduit aussi par une diminution du rayon de courbure de la toile (55 mm pour un minimum de 70 au plan).

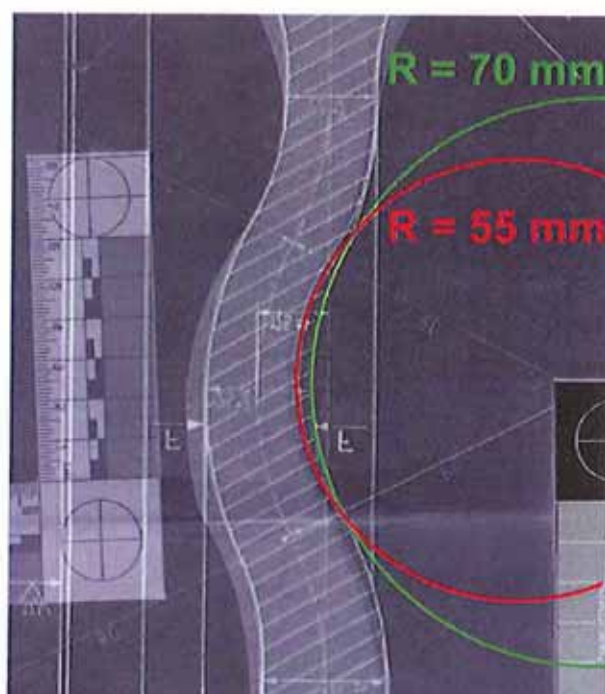


Photo 19 : Roue A1 coupe radiale de la toile

### 3.6 - Contraintes résiduelles dans la jante

Les contraintes résiduelles circonférentielles dans la jante ont été déterminées par ultrasons, à 15 mm sous la table de roulement, sur différentes positions angulaires.

Pour la roue A1, leur répartition est présentée sur la figure 8. Elles varient entre 25 et 70 MPa, mais leur évolution ne semble pas liée à la position des fissures.

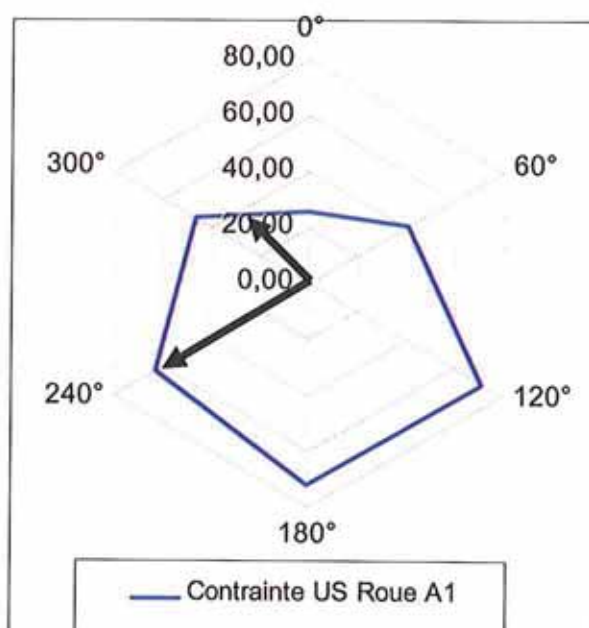


Figure 8 : Répartition angulaire des contraintes résiduelles circonférentielles dans la jante de la roue A2

Pour la roue A2, leur répartition est présentée sur la figure 9. Elles varient entre 20 et 60 MPa.

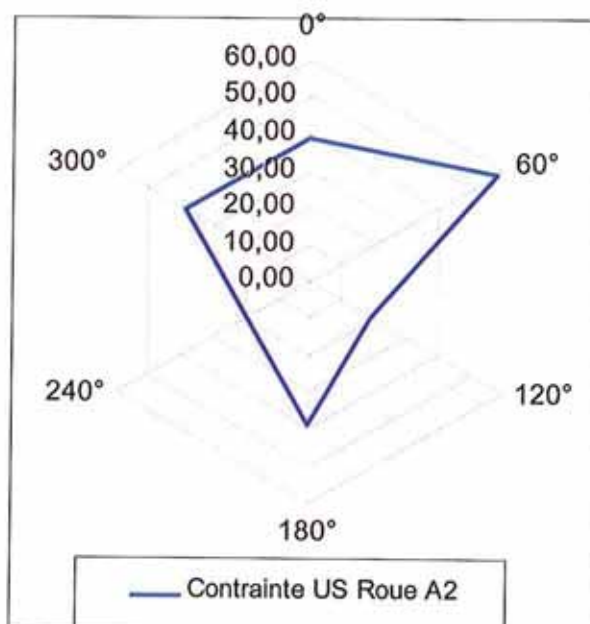


Figure 9 : Répartition angulaire des contraintes résiduelles circonférentielles dans la jante de la roue A2

### 3.7 - Contraintes résiduelles en surface dans la toile de la roue fissurée

Cet examen n'a été effectué que sur la roue A1. Les contraintes résiduelles sont déterminées par diffraction de rayons X. L'analyse est réalisée en surface uniquement. Les paramètres appliqués sont donnés dans le tableau 3 et les résultats dans le tableau 4.

<b>Matériau</b>	Acier R7		<b>Nb d'angles BETA</b>	11	
<b>Plan</b>	[211]	$2\theta : 156,31^\circ$	<b>BETA max</b>	$35^\circ$	
<b>Constantes</b>	1/2 S2	5,832E-06	<b>Acquisition</b>	10 x 1 s	
	S1	1,277E-06	<b>Oscillation</b>	$\pm 3^\circ$	
	$D_{\text{espacement}}$	1,170422418	<b>Collimateur</b>	2 mm	
<b>Anode</b>	Chrome	$k\alpha \lambda : 2,291 \text{ m}$	<b>Localisation</b>	Gauss.	60%
			<b>Correction</b>	P/G	LPA

Tableau 3 : Paramètres de diffraction des rayons X

Repère échantillon	Contrainte radiale (MPa)
Roue A1	-159 $\pm$ 20
	-248 $\pm$ 20
	-165 $\pm$ 20

Tableau 4 : Contraintes résiduelles superficielles

Malgré une dispersion des valeurs, provoquée par l'état de surface perturbé de la toile, les contraintes résiduelles en surface sont en compression.

### 3.8 - Essai de rugosité

La surface a été analysée dans la zone de fissuration dans la toile en face externe au rayon 335 mm. Les résultats bruts sont donnés en annexe 4 et synthétisés dans le tableau 5.

K (J)	Ra ( $\mu\text{m}$ )			Rz ( $\mu\text{m}$ )	
	Norme (NF EN 13262)	A1	A2	A1	A2
1	<12,5	30,4	31,8	132,3	155,2
2	<12,5	24,5	23,6	116,5	114,4
3	<12,5	25,8	28,4	122,8	151,7
<b>Moyenne</b>	<12,5	26,9	28	123,9	140,4

Tableau 5 : Résultats des essais de rugosité

Ni la norme NF F 01-133 (1992), ni le dessin (plan SNCF 10-4005 784) ne spécifient de valeurs de rugosité dans la toile.

L'état de surface ne répondrait pas à la norme NF EN 13262 de 2009 puisqu'elle impose un Ra de 12,5  $\mu\text{m}$ .

### 3.9 - Examen fractographique

La fissure est localisée au rayon 335 mm. Elle présente un grand nombre de lignes radiales sur toute sa longueur indiquant un multi-amorçage en face externe de la roue (photo 19). La propagation de cette fissure dans l'épaisseur s'est produite sous des sollicitations de flexion.



Photo 20 : Roue A1 fissure débouchante

### 3.10 - Examens micrographiques

Les échantillons ont été prélevés dans un plan perpendiculaire aux indications linéaires discontinues. On retrouve des fissures supérieures à 2 mm (photos 21 et 22). De plus, le taux d'inclusion est assez important. L'observation au microscope électronique à balayage sous électrons rétrodiffusés met en évidence les seules inclusions. Il permet d'évaluer le taux d'inclusions de type A (sulfures de manganèse) à l'indice 1,5 voire 2, selon la norme ISO 4967 de 1998 (photos 23 et 24).



Photo 21 : Roue A1 face externe

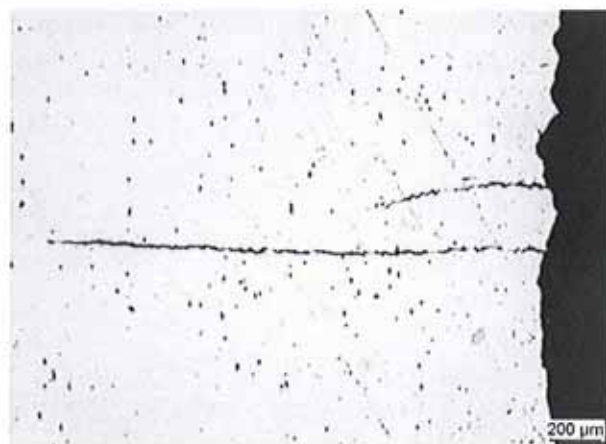


Photo 22 : Roue A1 face externe

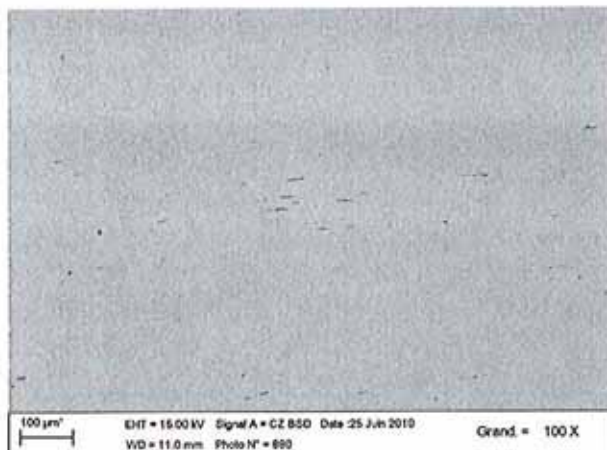


Photo 23 : Roue A1 toile à cœur

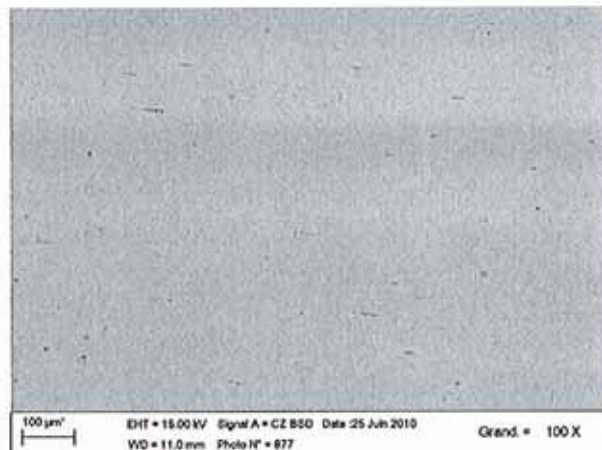


Photo 24 : Roue A1 toile à cœur

Après attaque, on observe une décarburation totale en surface sur une profondeur de 100 µm (photo 25) et partielle de 300 µm avec la présence de structure de ferrite aciculaire dite de Widmannstätten (photo 26) (ferrite aciculaire formée lors de problème de surchauffe et / ou refroidissement trop rapide).

Décarburation totale

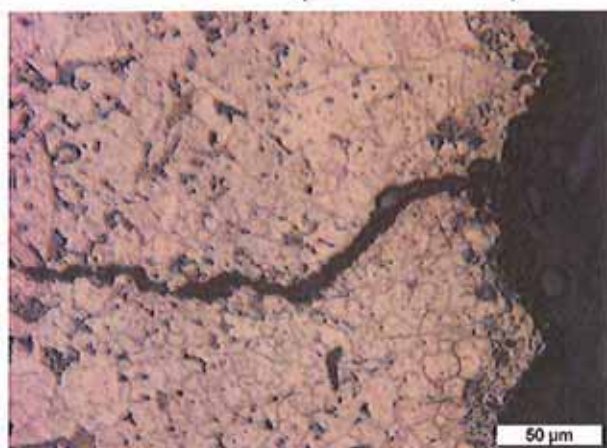


Photo 25 : Roue A1 face externe

Décarburation : partielle / totale



Photo 26 : Roue A1 face externe

Structure de  
Widmannstätten

### 3.11 - Analyse chimique

Les échantillons ont été prélevés dans la jante selon le plan présenté en annexe 3, figure 10. L'analyse chimique a été sous-traitée. Les résultats de l'analyse chimique sont donnés dans le tableau 6.

Elements	NF F 01-133	NF EN 13262	A1
C%	0,52	0,52	0,51
Mn%	0,80	0,80	0,66
Si%	0,40	0,40	0,23
P%	0,035	0,020	0,014
S%	0,035	0,020	0,024
Ni%	0,30	0,30	0,20
Cr%	0,30	0,30	0,20
Cu%	0,30	0,30	0,21
Mo%	0,08	0,080	0,044
V%	0,05	0,06	-

Tableau 6 : Analyse chimique

**La composition chimique répond aux exigences de la norme NF F 01-133 (1992).**

La composition chimique répondrait aussi aux exigences de la norme EN 13262 (2009).

### 3.12 - Essai de dureté

L'essai de dureté est réalisé dans la jante selon la norme NF EN 13262 (2009). La position des points de dureté est indiquée sur le plan en annexe 3, figure 11. L'essai est réalisé suivant la méthode BRINELL avec un pénétrateur de diamètre 5 mm et sous une charge de 750 kg (norme NF EN ISO 6506-1(2006)). Les résultats sont donnés dans le tableau 7.

HB 5/750	Roue A1			Roue A2		
	30 mm FI <sup>1</sup>	70 mm FI	125 mm FI	30 mm FI	70 mm FI	125 mm FI
Profondeur 15 mm	236	241	257	239	249	252
Profondeur 25 mm	234	241	252	229	241	249
Profondeur 35 mm	226	246	246	224	239	234
Point A	-	211	-	-	211	-

Tableau 7 : Résultats des essais de dureté dans la jante des roues (incertitudes  $\pm 9$  HB)

La norme NF F 01-133 (1992) ne spécifie aucune valeurs de dureté dans la jante mais celles-ci peuvent être spécifiées lors de la commande. En revanche, la norme NF EN 13262 (2009) spécifie des valeurs de dureté dans la zone de limite d'usure supérieures à 235 HB. Mais, compte tenu du service, les valeurs obtenues ne sont pas représentatives de l'état neuf, en raison de l'usure de la roue et/ou du freinage.

Des points de dureté supplémentaires sont réalisés dans la toile aux abords de la fissure. Les résultats sont donnés dans le tableau 8.

HB 2,5/187,5	Toile à coeur
1	211
2	207
3	211
4	207
5	219

Tableau 8 : Résultats des essais de dureté dans la toile de la roue A1 (incertitudes  $\pm 9$  HB)

Il n'existe aucune imposition sur les valeurs de dureté dans la toile. Cependant, il est à noter que les résultats obtenus dans la toile sont équivalents à ceux obtenus aux points A des jantes, indiquant une homogénéité de la dureté dans toute la toile.

**La norme NF F 01-133 (1992) ne spécifie aucune valeurs de dureté dans la jante.**

La dureté répondrait aux exigences de la norme EN 13262 (2009).

<sup>1</sup> FI : Face interne de la roue (côté boudin)

### 3.13 - Essai de traction.

Les éprouvettes ont été prélevées selon le plan présenté en annexe 3, figure 12. Les résultats des essais sont repris dans le tableau 9.

	Caractéristiques	NF F 01-133	NF EN 13262	A1-1	A1-2	A2
<b>JANTE (TJ)</b>	<b>Re (MPa)</b>	-	>520	-	-	-
	<b>Rp<sub>0,2</sub> (MPa)</b>	-	-	472	489	510
	<b>Rm (MPa)</b>	>820	820-940	826	830	851
	<b>A%</b>	>14	>14	18,9	18,7	17,7
<b>TOILE (TT)</b>	<b>Rp<sub>0,2</sub> (MPa)</b>	-	-	406	427	408
	<b>Rm (MPa)</b>	<760	-	702	698	702
	<b>Diminution Rm</b>	-	>110	124	132	149
	<b>A%</b>	>16	>16	18,4	20,6	20,1

Tableau 9 : Résultats de l'essai de traction

Dans la jante :

- La limite d'élasticité (Rp<sub>0,2</sub>) des deux roues est inférieure aux spécifications de la norme EN 13262 (2009). Elle n'était pas spécifiée dans la norme NF F 01-133 (1992).

- La résistance maximale à la traction (Rm) répond aux spécifications des deux normes mais est en limite basse.

- L'allongement (A%) répond aux exigences des deux normes.

Dans la toile :

- La limite d'élasticité (Rp<sub>0,2</sub>) n'est spécifiée dans aucune des deux normes,

- La résistance maximale à la traction (Rm) répond aux exigences des deux normes, de la NF F 01-133 (1992) puisqu'inférieure à 720 MPa et de l'EN 13262 (2009) puisqu'elle impose une différence avec la jante supérieure à 110 MPa.

**Les caractéristiques de traction répondent aux exigences de la norme NF F 01 133 (1992).**

Les caractéristiques de traction ne répondraient pas à la norme EN 13262 (2009) pour une limite d'élasticité dans la jante inférieure aux critères.

### 3.14 - Essai de résilience

Les éprouvettes ont été prélevées selon le plan présenté en annexe 3, figure 13. Les résultats des essais sont repris dans le tableau ci-dessous.

KU (J)	NF F 01-133	NF EN 13262	A1	A2
<b>1</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	24,0	24,8
<b>2</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	23,8	24,6
<b>3</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	24,0	22,4
<b>moyenne</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>23,9</b>	<b>23,9</b>

Tableau 10 : Résultats de l'essai de résilience à 20°C (incertitudes ±2 J)

KV (J)	NF F 01-133	NF EN 13262	A1	A2
<b>1</b>	-	<b>7</b>	16,1	16,3
<b>2</b>	-	<b>7</b>	8,7	12,4
<b>3</b>	-	<b>7</b>	10,8	13,8
<b>moyenne</b>	-	<b>10</b>	<b>11,9</b>	<b>14,2</b>

Tableau 11 : Résultats de l'essai de résilience à -20°C (incertitudes ±2 J)



Les résultats de l'essai de flexion par choc répondent aux exigences de la norme NF F 01-133 (1992).

Les résultats de l'essai de flexion par choc répondraient aussi aux exigences de la norme EN 13262 (2009).

#### 4 - CONCLUSION

La roue A1 présente une fissure qui s'est propagée en fatigue, avec multiamorçage, à partir de la face externe, sous une sollicitation de flexion. La roue A2 quant à elle ne présente aucune fissure.

Le tableau suivant permet de situer les roues selon les exigences de la norme NF F 01-133 (1992) puis de les comparer avec celles de la norme actuelle EN 13262 (2009).

		NF F 01-133 (1992)	EN 13262 (2009)
Dimensionnel	§3.5	Non conforme	Non conforme
Etat de surface	§3.8	<i>Non spécifié</i>	Non conforme
Composition chimique	§3.11	Conforme	Conforme
Dureté	§3.12	<i>Non spécifié</i>	Conforme
Traction	§3.13	Conforme	Non conforme
Flexion par choc	§3.14	Conforme	Conforme

Tableau 12 : Tableau récapitulatif des essais

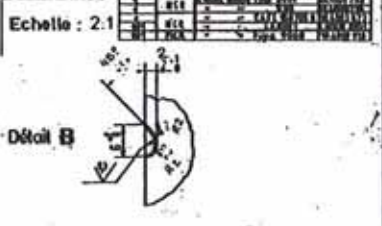
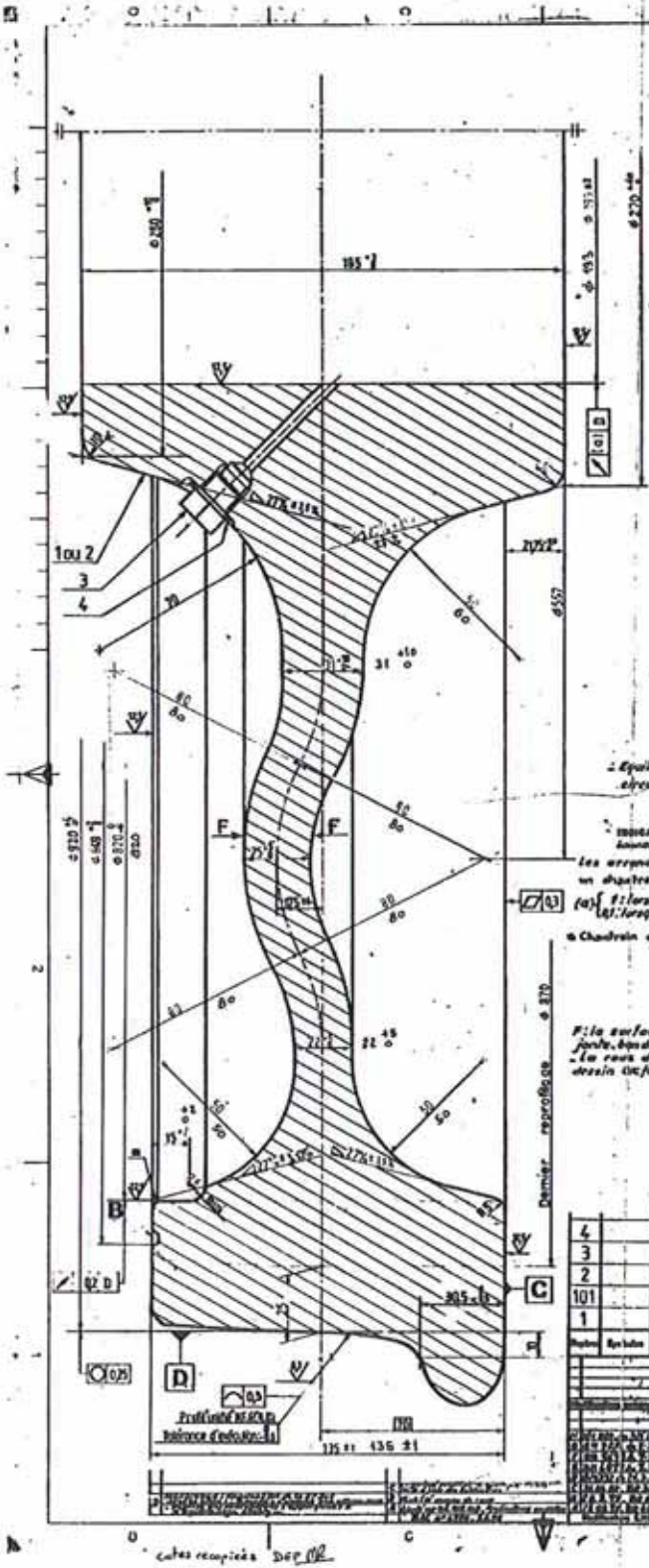
Les analyses des résultats des essais mécaniques et métallurgiques ont permis de mettre en évidence plusieurs anomalies pour les deux roues :

- une épaisseur de toile inférieure au minimum imposé au plan (19,1 mm pour 22 mm) au niveau de la zone fissurée,
- une dispersion des épaisseurs de toile sur la circonférence (19,45 mm à 23,16 mm),
- un rayon de courbure dans l'ondulation de la toile trop faible (55 mm pour 70 mm),
- une rugosité importante ( $R_a$  supérieur à 25  $\mu\text{m}$ ),
- une résistance maximale à la traction en limite basse (826 MPa pour 820 MPa),
- une décarburation et structure de Widmannstätten en surface.

Toutes les anomalies détectées sur les deux roues sont des facteurs prépondérants, mais pas nécessairement suffisants, dans l'amorçage et la propagation de fissures de fatigue. Il faut en effet tenir compte des conditions de services, chargements, voies, freinages qui jouent directement sur le niveau de sollicitations sur la roue.

Il paraît important de vérifier l'influence de la géométrie sur les contraintes dans la toile de roue, par l'intermédiaire de calculs avec prise en compte des caractéristiques mécaniques faibles et du chargement réel des wagons.

10 4005784 H 19951127 AM2D 00068 1 / 1 47100011 10 4005784 H 19951127 AM2D 00068 1 / 1 47100011



*Equilibrage statique, balourd résiduel pour roues de véhicules circulant à une vitesse inférieure ou égale à 120 km/h.*

INDICATIONS PARTICULIÈRES DE FABRICATION: ces des surfaces concernées au dessin "ANNEXE" de la notice "Équilibrage et Profilage (S.E.P.). Les arêtes de 60° doivent être remplacées par un chanfrein de 30° à 90°.

(a) 1: lorsque l'équilibrage est obtenu à partir de la table de roulement.  
2: lorsque l'équilibrage est obtenu à partir de l'alésage élargi de la roue.

Chanfrein ou arête de 30° max.

*F: la surface de la roue et de ses cornes de réception avec la jante, les bandes et le moyeu peut être traité de laminage ou de forgeage.*  
*La roue défilée par ce dessin est identique à celle représentée par le dessin d'usage n° 100 11 111 001 sauf en ce qui concerne le profil de roue.*

4	1	Rondelle frein	NF F 02 049	
3	1	Bouchon à tête hexagonale 1/4	NF F 02 049	
2	1	Roue monobloc à trou de décalage	ACHÈTEUR DÉFINITIF	343
101		ROUE MONOBLOC (Ensemble) comprenant:		
1	1	Roue monobloc sans trou de décalage	ACHÈTEUR DÉFINITIF	343

1		<b>ROUE MONOBLOC</b>	
(Diamètre au roulement 910)			
21602			
10.4005784			

10 4005784 H 19951127 AM2D 00068 1 / 1 47100012

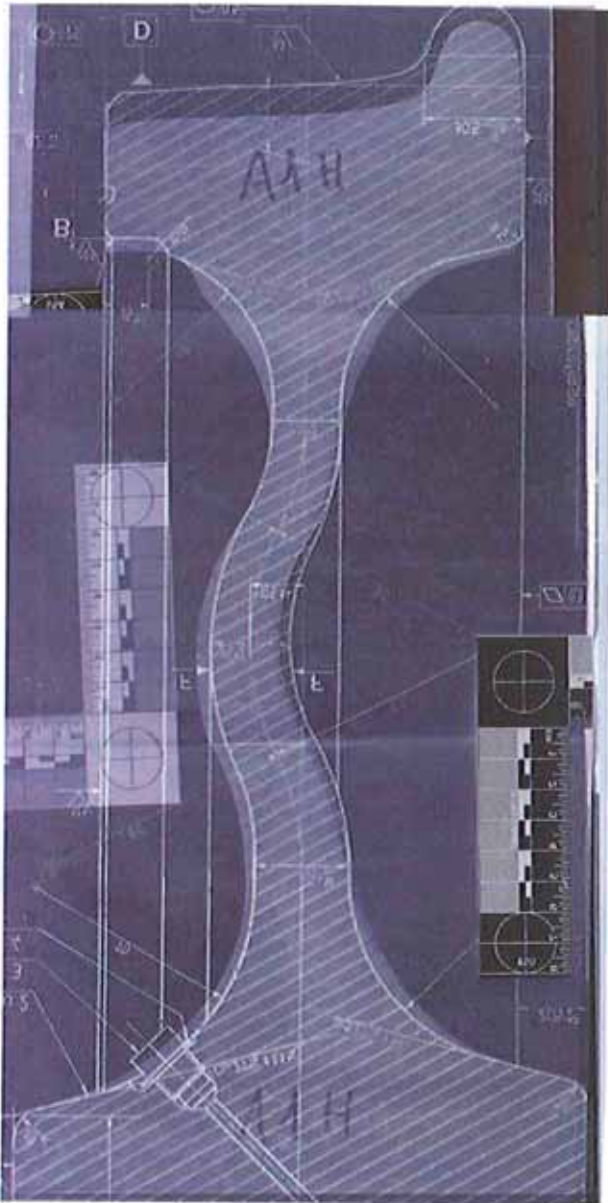


Photo 27 : Roue A1



Photo 28 : Roue A2

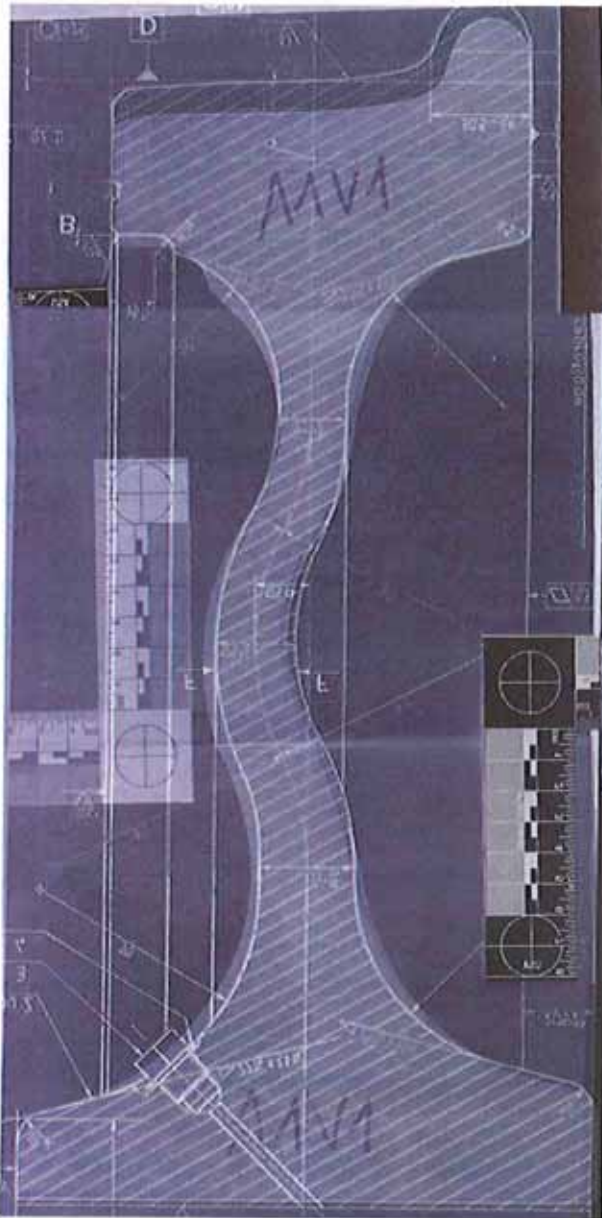


Photo 29 : Roue A1

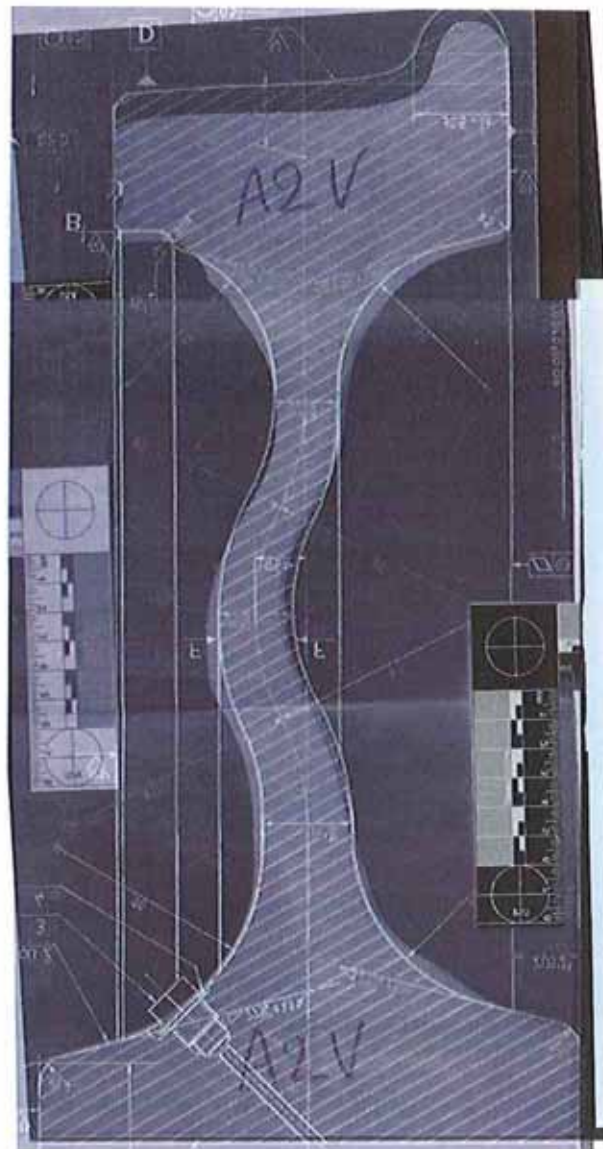
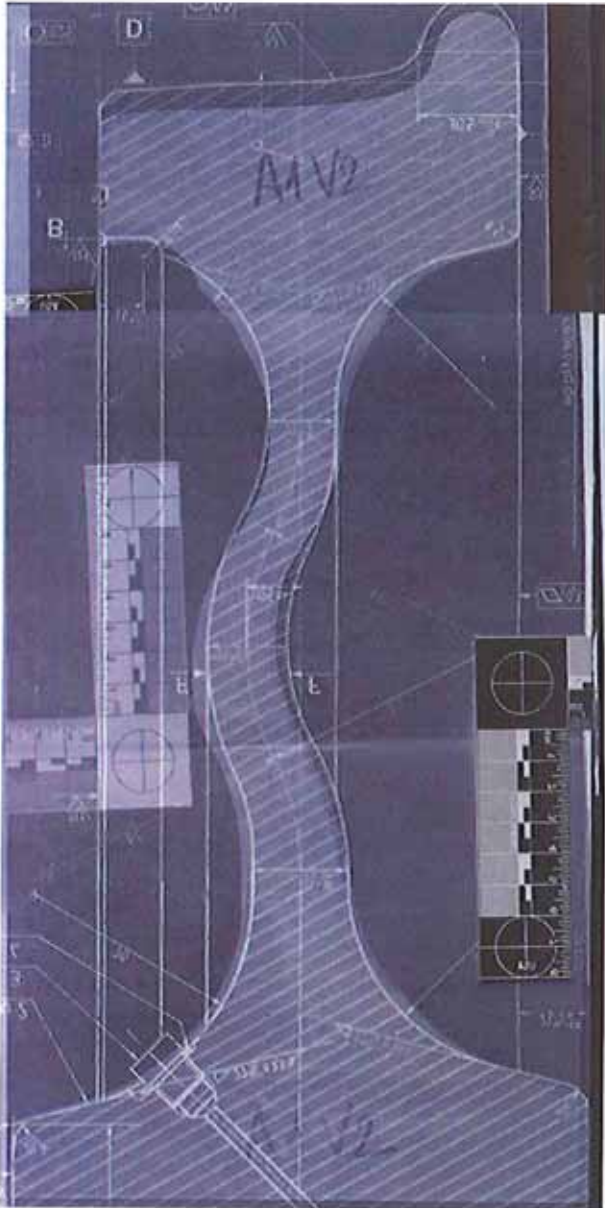


Photo 30 : Roue A2



**Photo 31 : Roue A1**

Fissure ouverte pour examen fractographique

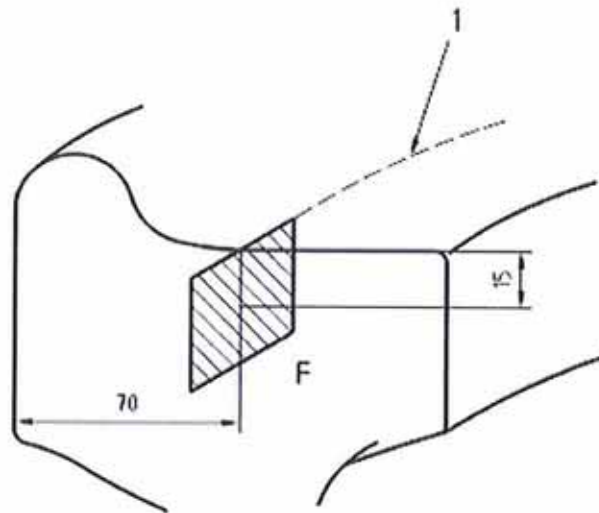


Photo 32 : prélèvement roue A1



Photo 33 : prélèvement roue A2

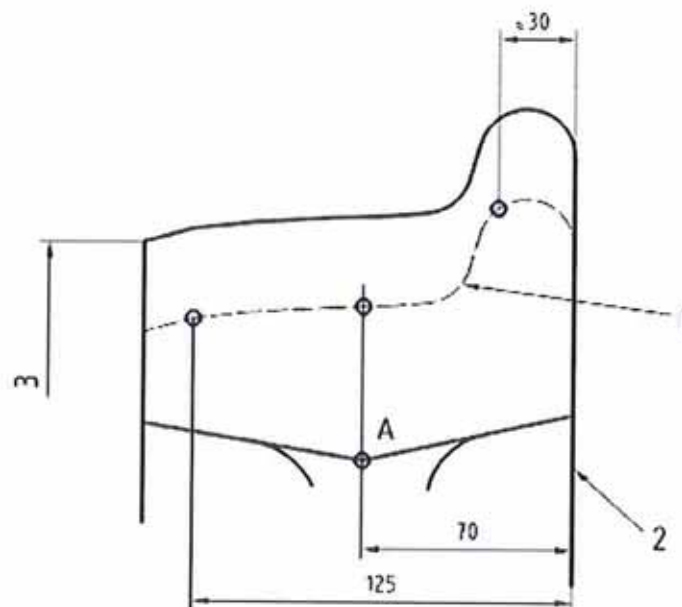
R : Résilience / H : Dureté / TT : traction toile / TJ : Traction jante / V : visuel contrôle géométrique



**Légende**

- 1 Cercle de roulement nominal

Figure 10 : Position du plan d'analyse chimique et du plan de coupe micrographique



**Légende**

- 1 Limite de la plage d'usure ou diamètre du dernier reprofilage (selon recommandations du client).
- 2 Face interne de la roue finie
- 3 Diamètre nominal

Figure 11 : Position des points de dureté Brinell

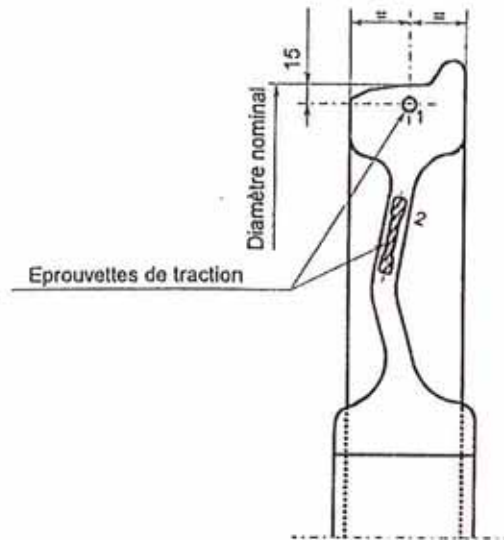


Figure 12 : Position des éprouvettes de traction

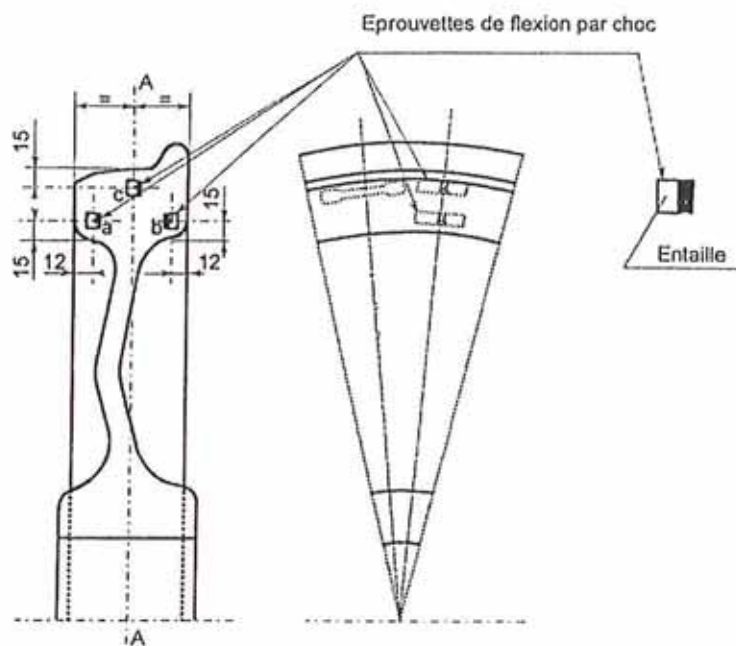


Figure 13 : Position des éprouvettes de flexion par choc



roue A1

**Configuration fixe**

	LC (GS) mm	LT mm	LM mm	Z	VB µm
1:	2,50	17,50	12,50	5	±2500
2:	2,50	17,50	12,50	5	±2500
3:	2,50	17,50	12,50	5	±2500

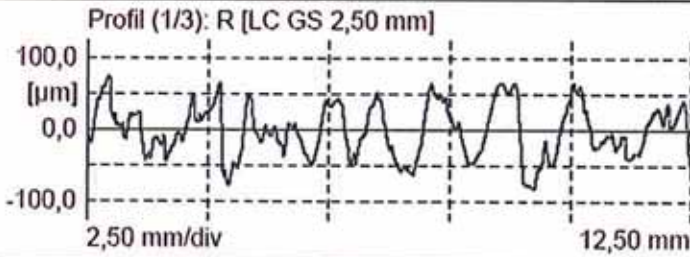
Essai réalisé selon la norme NF EN ISO 4288

Appareil utilisé : Perthometer S2 de MAHR

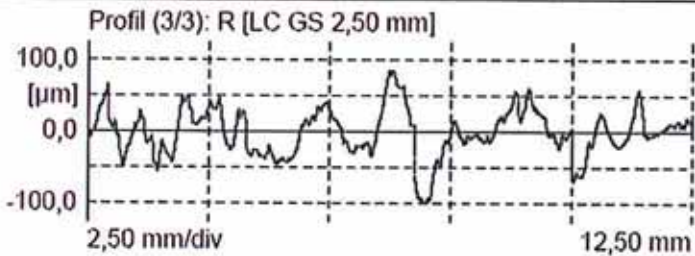
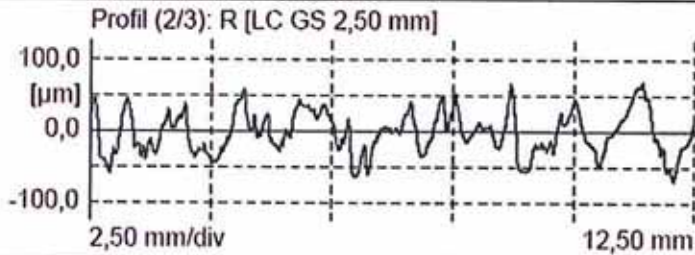
Unité d'avance : PRK

Type de palpeur : FRW750

Tête de palpation : xxxx



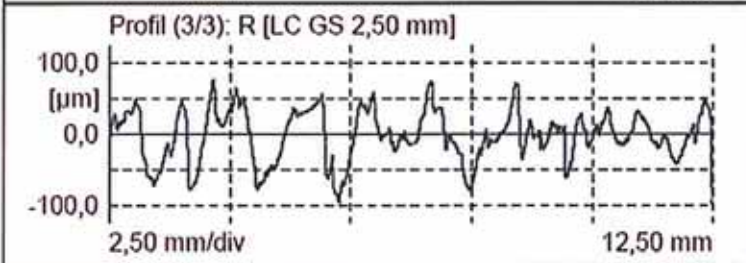
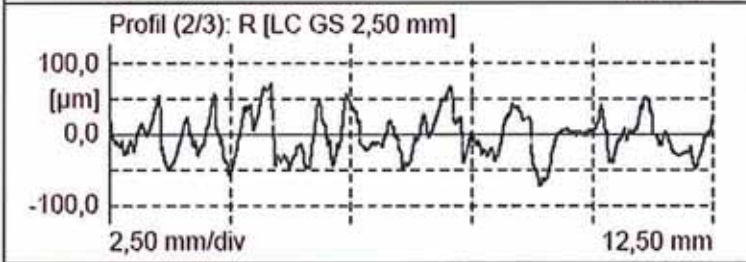
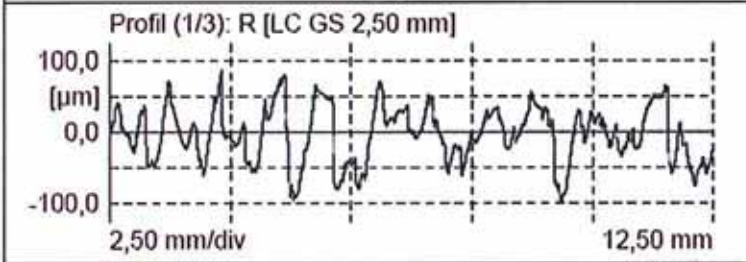
	Ra µm	Rz µm	Rt µm
1:	30,4	132,3	155,8
2:	24,5	116,5	139,0
3:	25,8	122,8	185,7
X	26,9	123,9	160,2
S	2,6	6,5	19,3
Min.	24,5	116,5	139,0
Max.	30,4	132,3	185,7
R	6,0	15,8	46,7



<b>SNCF - AEF</b> <b>MES010029</b> <b>DOC021901</b>	<b>EXPERTISE ROUES DE WAGON FISSUREES - ESSIEU</b> <b>TYPE 9054</b> <b>Rugosité</b>	<b>Annexe 4</b>  <b>f 2/2</b>
---	---	-------------------------------------

**Roue A2 : toile face externe rayon 335 mm**

<b>Configuration fixe</b>					Essai réalisé selon la norme ISO 4288  Appareil utilisé : Perthometer S2 de MAHR Unité d'avance : PRK Type de palpeur : FRW750 Tête de palpée : xxxx
LC (GS)	LT	LM	Z	VB	
mm	mm	mm		µm	
1: 2,50	17,50	12,50	5	±2500	
2: 2,50	17,50	12,50	5	±2500	
3: 2,50	17,50	12,50	5	±2500	



	Ra	Rz	Rt
	µm	µm	µm
1:	31,8	155,2	188,7
2:	23,6	114,4	144,2
3:	28,4	151,7	175,0
$\bar{X}$	28,0	140,4	169,3
S	3,3	18,4	18,6
Min.	23,6	114,4	144,2
Max.	31,8	155,2	188,7
R	8,1	40,8	44,6