

Évaluation des revêtements des écrous-boulons

(dossier #14-056)

**Service des matériaux
d'infrastructures**

Mars 2015

Evaluation of coatings of nuts-bolts

(file # 14-056)

Service of materials of infrastructures

March 2015

Table des matières

1. MANDAT	3
2. DESCRIPTION.....	3
3. ESSAI D'ABRASION.....	3
3.1 MÉTHODOLOGIE	3
3.2 RESULTATS DES ESSAIS D'ABRASION.....	4
3.3 CONCLUSIONS pour l'ESSAI d'ABRASION	4
4. ESSAI AU BROUILLARD SALIN.....	7
4.1 MÉTHODOLOGIE ET RÉSULTATS.....	7
4.2 CONCLUSIONS pour l'ESSAI au BROUILLARD SALIN	7
5. CONCLUSIONS GLOBALES	8
ANNEXES	
ANNEXE 1: PHOTOS ESSAI d'ABRASION.....	9
ANNEXE 2: PHOTOS ESSAI AU BROUILLARD SALIN.....	13
ANNEXE 3: LCL21-102 RESISTANCE AU PÔLISSAGE DES GRANULAT: MÉTHODE PAR PROJECTION.....	19
ANNEXE 4:LCL21-102 AGGREGATES'RESISTANCE TO POLISHING: SHOT- BLASTING METHOD	20

Table of contents

1. MANDATE 3 2

. DESCRIPTION 3 3

. ABRASION TEST 3

3.1 METHODOLOGY 3

3.2 RESULTS OF THE ABRASION TESTS 4 3.3

CONCLUSIONS FOR THE ABRASION TEST 4 4

. Salt spray test 7

4.1 METHODOLOGY AND RESULTS 7

4.2 CONCLUSIONS for the salt-spray test 7

5. OVERALL CONCLUSIONS 8 ANNEXS

ANNEX 1: PHOTOS ABRASION TEST 9

ANNEX 2: PHOTOS IN salt spray test 13

ANNEX 3: LCL21-102 RESISTANCE AT PÔLISSAGE OF granulate: METHOD BY PROJECTION 19

ANNEX 4: LCL21-102 AGGREGATES' RESISTANCE TB POLISHING: SHOT- COMPANY METHOD 20

1. MANDAT

L'expertise a été demandé par M. Ray Wilcock de l'Institut pour les tuyaux de tôle ondulée, dans le but d'évaluer la performance en abrasion et en résistance à la corrosion de certains types de revêtements sur des boulons (ASTM A 449) et des écrous (ASTM A 563)

2. DESCRIPTION

Nous avons reçu du demandeur des paires boulons-écrous revêtus de différents types de recouvrements, tel que présenté dans le tableau no1.

No échantillon	Appellation de l'échantillon	Revêtement de base (bond coat)	Revêtement de finition (top coat)
1	-3/4 x 2 A449 boulon JS 1000 -3/4 A563 écrou JS 1000	JS1000	SO
2	-3/4 x 2 A449 boulon DT 1500 B -3/4 A449 écrou DT 1500 B	JS1000 + Magni top coat	Magni top coat
3	-3/4 x 2 A449 boulon 2000DS -3/4 A563 écrou 2000 DS	Zinc Flakes	Atotec top coat [color : rather flat gloss]
4	-3/4 x 2 A449 boulon 2000 DB -3/4 A563 écrou 2000DB	Zinc Flakes +	Atotec top coat [color : rather flat gloss]
5	-3/4 x 2 A449 boulon -MG -3/4 A563 écrou MG	Galvanisation mécanique	SO
6	-3/4 x 2 A449 boulon -HDG -3/4 A563 écrou-HDG	Galvanisation à chaud	SO

Tableau no1 : Description des échantillons

Les 6 paires d'échantillons ont été soumises à l'essai d'abrasion selon la norme LCL21-102 et 6 autres échantillons ont été soumis à l'essai de brouillard salin selon la norme ASTM B117.

3. ESSAI D'ABRASION

3.1 MÉTHODOLOGIE

Pour l'essai d'abrasion selon la norme interne LC21-102, nous avons utilisé un polisseur type ÉliteTechnologie composé d'une chambre fermée, une installation électrique d'alimentation de l'abrasif avec un débit ajustable et un compresseur pour la pression et l'alimentation en eau; l'abrasif utilisé est le sable d'Ottawa(choisi selon la norme ASTM C778).

1. MANDATE

CSP1

The expertise has been asked by Mr. Ray Wilcock of the Institute for the corrugated steel pipe, with the aim of assessing the performance in abrasion and corrosion resistance of certain types of coatings on bolts (ASTM A 449) and nuts (ASTM A 563)

2. DESCRIPTION

We have received from the ^{refug for} plaintiff of peers bolts-nuts coated with different types of ^{coats} recoveries, as presented in Table #1.

#		
1	3/4 x 2 bolt 3/4 nut	JS 1000
2		JS 1000 + Truapm top black.
3		Fine Flakes A70 Silver
4		Fine Flakes A70 black
5		Mechanical Galv.
6		Hot Dip. Galv.

Table 1: Sample Description The

6 pairs of samples were subjected to the abrasion test according to the standard LCL21- 102 and 6 other samples were subjected to the test of salt fog according to the standard ASTM B117.

3. ABRASION TEST

3.1 methodology

for the abrasion test according to the standard internal LC21-102, we used a type-stoning
ÉliteTechnologie composed of a closed ^{chambre} bedroom, a installation electrical supply to the abrasive with a adjustable flow and a compressor for the pressure and the water supply; the abrasive used is the sand of Ottawa(chosen according to ASTM C778).

Les boulons ainsi que les écrous sont disposés sur un support en acier et exposés avec la partie frontale au jet d'abrasif. (voir figure no 1, Annexe 1) appliqué avec une pression de 10 000 kpa, un débit de 541 gr/min pendant 7 étapes à une durée de 43 min 20 s/20cycles.

Nous avons mesuré les épaisseurs de recouvrements au dessus et sur les côtés des échantillons avant l'essai et après chaque de nos sept essais et par la suite nous avons évalué la perte d'épaisseur en pourcentage. Pour la mesure de l'épaisseur nous avons utilisé un instrument marque Elcometer modèle 456/4.

3.2 RÉSULTATS DES ESSAIS D'ABRASION

En début du premier essai et après chaque étapes nous avons inspecté visuellement les échantillons et aussi nous avons mesuré l'épaisseur des revêtements. Pour chaque échantillon nous avons marqué le moment de la perte totale du revêtement [constatée par mesure). La perte totale du revêtement est aussi constatée visuellement et correspond au moment d'apparition de la corrosion sur toute la surface de la pièce (voir les photos no 2 à 8, annexe1).

No éch	Échantillon	1-er étape	2-ème étape	3-ème étape	4-ème étape	5-ème étape	6-ème étape	7-ème étape
1	boulon JS 1000 écrou JS 1000				X			X
2	boulon DT 1500 B écrou DT 1500 B				X			X
3	boulon 2000DS écrou 2000 DS	X						
4	boulon 2000 DB écrou 2000DB	X		X				
5	boulon -MG écrou MG				X			⊙
6	boulon -HDG écrou-HDG							⊙

Tableau no 2 : Perte du revêtement (marquée X)

Note : Perte totale du revêtement (marquée X), rouillé
Revêtement partiellement enlevé (marqué ⊙)

3.3 CONCLUSIONS pour l'ESSAI d'ABRASION

Les résultats de l'essai d'abrasion présentés dans le tableau no 2 ont été obtenus par l'analyse des pourcentages de diminution de l'épaisseur du revêtement, tel que montré dans les graphiques suivants.

Nous avons conclu que **les moins résistants à l'abrasion** (qui ont perdu le revêtement après le premier essai) sont :

-éch 3 $\frac{3}{4}$ x 2 A449 **boulon 2000DS**(essai 1)
 $\frac{3}{4}$ x 2 A563 **écrou 2000DS**(essai 1)

-éch 4 $\frac{3}{4}$ x 2 A449 **boulon 2000 DB**(essai 1)
 $\frac{3}{4}$ x 2 A449 **écrou 2000 DB**(essai 2)

The bolts and the nuts are prepared on a steel bracket and exposed with the frontal part to the jet of abrasive. (See figure 1, Annex 1) applied with a pressure of 10,000 kpa, a flow rate of 541 gr/min during 7 steps to a duration of 43 min 20 s/ 20cycles.

We measured the thicknesses of recoveries in the top and on the sides of the samples before the test and after each of our seven tests and subsequently we have evaluated the loss of thickness in percentage. To measure the thickness we used an instrument brand model Elcometer 456/4.

*same as
our.*

3.2 RESULTS OF THE ABRASION tests

at the beginning of the first test and after each steps we have visually inspected the samples and also we measured the thickness of the coatings. For each sample we have marked the time of the total loss of the coating (found by measurement). The total loss of the coating is also observed visually and corresponds to the time of onset of the corrosion on the entire surface of the workpiece (see photos 2 to 8, appendix1).

No ech Sample 1-er step 2-th Step 3- th Step 4- th Step 5- th step 6 th step 7 th step

1 bolt JS 1000

nut JS 1000 X X

2 bolt DT 1500 B nut DT 1500 B X X

3 bolt 2000DS nut 2000 DS X X

4 bolt 2000 DB nut 2000DB X X

5 bolt -MG nut MG X

O

6 bolt -HDG nut-HDG O O

Table 2: Loss of the coating (marked X) Note: total loss of the coating (marked X), rust

Coating partially removed (O mark)

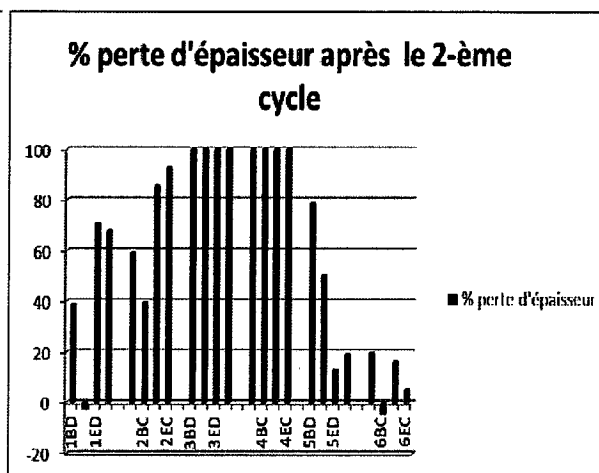
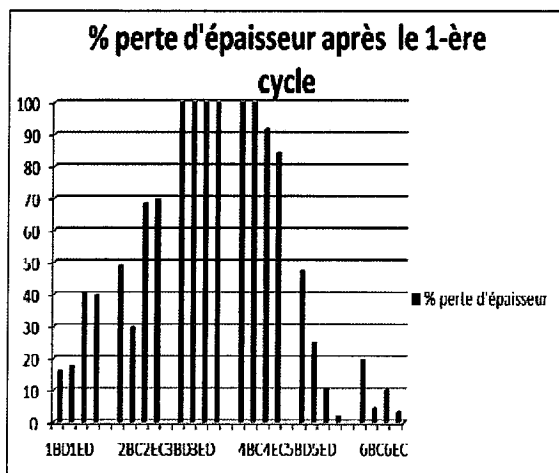
3.3 CONCLUSIONS FOR THE ABRASION TEST

The results of the abrasion test presented in table 2 have been obtained by the analysis of the percentages of decrease of The thickness of the are, as shown in the following graphs.

We have concluded that the least resistant to abrasion (who have lost the coating after the first test) are:

-ech 3 $\frac{3}{4}$ x 2 A449 bolt 2000DS(test 1) -ech 4 $\frac{3}{4}$ x 2 A449 bolt 2000 DB(test 1)

$\frac{3}{4}$ x 2 A563 nut 2000DS(test 1) $\frac{3}{4}$ x 2 A449 nut 2000 DB(test 2)

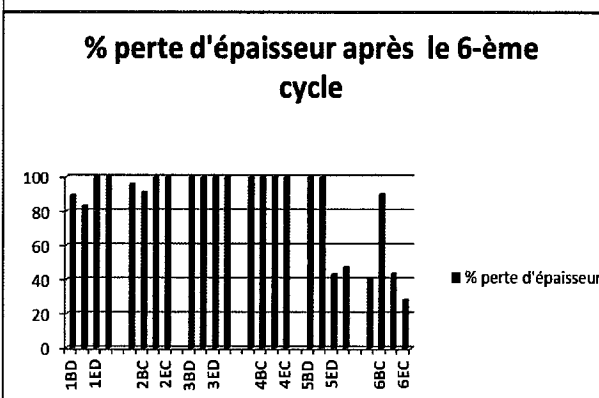
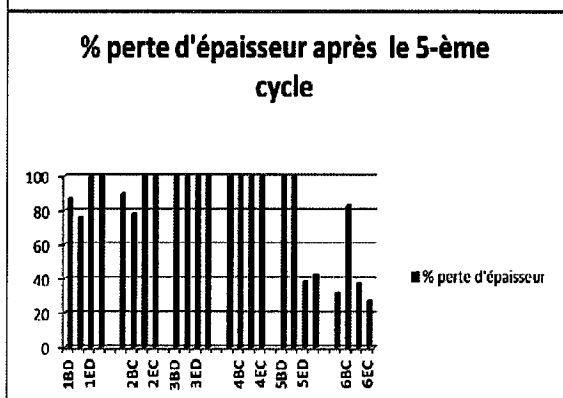
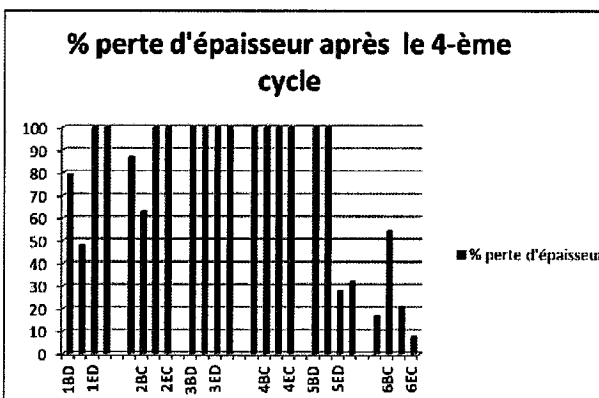
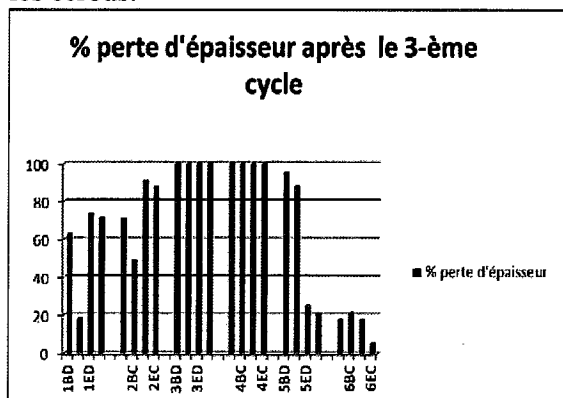


Une **résistance moyenne** à l'abrasion est attribuée aux échantillons 1 et 2 :

-ech 1 $\frac{3}{4}$ A563 écrou JS 1000(essai 4) suit par....-ech 1 $\frac{3}{4}$ x 2 A563 boulon JS 1000(ess. 7)

-ech 2 $\frac{3}{4}$ A449 écrou DT 1500 B(essai 4) suit par-ech 2 $\frac{3}{4}$ x 2 A449 boulon DT 1500 B(ess 7)

L'écart dans les résultats entre les boulons et les écrous (voir la ligne 1 du tableau no 2) s'explique par l'épaisseur initiale du revêtement d'environ 28 μ m pour les boulons et 13 μ m pour les écrous.

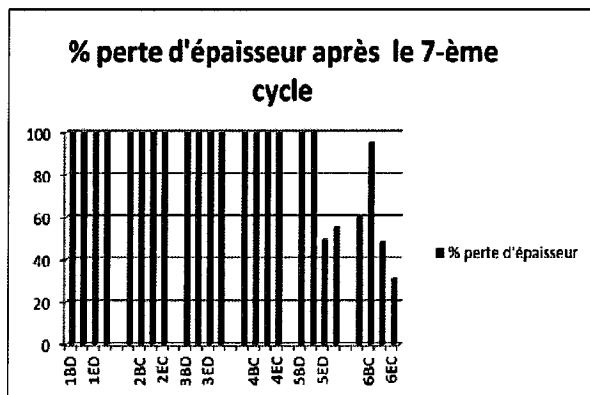


Les **plus résistantes à l'abrasion** sont les échantillons 5 et 6 :

-éch 6 $\frac{3}{4}$ x 2 A449 boulon -HDG

- $\frac{3}{4}$ A563 écrou-HDG

-éch 5-- $\frac{3}{4}$ A563 écrou MG



Le boulon de l'éch $\frac{3}{4}$ x 2 A449 MG a perdu son revêtement après le 4-ème essai. L'écart dans les résultats entre le boulon et l'écrou s'explique par l'épaisseur initiale du revêtement d'environ 61 μ m pour le boulon et de 87 μ m pour les écrous (voir la ligne 5 du tableau no 2).

La méthode pour l'essai d'abrasion selon la norme interne LC21-102 est une méthode comparative et on ne peut pas estimer la résistance à l'abrasion pour chaque échantillon dans la vie réelle.

Average resistance to abrasion is attributed to samples 1 and 2:

-ech 1 ¾ HAS563 nut JS 1000 (Test 4) follows by etc. . -ech 1 ¾ x 2A563 bolt JS 1000 (ess. 7)

-ech 2 ¾A449 nut DT 1500 B(test 4)follows by-ech 2 ¾x 2 A449 bolt DT 1500 B(ess 7) The difference in the results between the bolts and the nuts (see line 1 of Table no. 2) is explained by the initial thickness of the coating of approximately 28 Åµm for the bolts and13 Åµm for the nuts.

The more resistant to abrasion are the samples 5 and 6:

-ech 6 . - $\frac{3}{4}$ x 2 A449 bolt -HDG

- $\frac{3}{4}$ HAS563 nut-HDG

-ech 5-- $\frac{3}{4}$ HAS563 nut MG

The bolt of the ech 5, $\frac{3}{4}$ x 2 A449 MG has lost its coating after the 4-th test. The difference in the results between the bolt and the nut is explained by the initial thickness of the coating of approximately 61 Åµm for the bolt and 87 Åµm for the nuts(see line 5 of Table no. 2).

The method for the abrasion test according to the standard internal LC21-102 is a comparative method and we cannot estimate the abrasion resistance for each sample in the real life.

4. ESSAI AU BROUILLARD SALIN

4.1 MÉTHODOLOGIE ET RÉSULTATS

6 autres échantillons ont été soumis aux essais de brouillard salin, selon la norme ASTM B117- Standard Practice for Operating Salt Spray (fog) Apparatus. Les échantillons sont installés sur un support de telle sorte qu'il n'y ait pas de contact entre eux.

Des observations périodiques sur l'état du revêtement sont réalisées tous les 250 heures environ, pendant 3000 heures au total. Les plaques ont été retirées à ces intervalles, rincées et nettoyées avec une brosse de nylon. Voici les résultats :

No éch	Échantillon	250 h	520 h	800 h	1032 h	1250 h	1800 h	2000 h	2700 h	3000 h	3250 h	3500 h
1	boulon JS 1000		RS	DC	DC	DC	X	X	X	X	X	
	écrou JS 1000		RS	DC	DC	DC	X	X	X	X	X	
2	boulon DT 1500 B		RS	RS	RS	DC	DC	X	X	X	X	
	écrou DT 1500 B		RS	RS	RS	DC	DC	X	X	X	X	
3	boulon 2000DS			RS	RS	RS	DC	DC	DC	DC	X	
	écrou 2000 DS			RS	RS	RS	RS	DC	DC	DC	X	
4	boulon 2000 DB			RS	RS	RS	RS	RS	RS	RS	DC	
	écrou 2000DB			RS	RS	RS	RS	RS	RS	RS	DC	
5	boulon -MG		DC	DC	DC	DC	X	X	X	X	X	
	écrou MG					DC	X	X	X	X	X	
6	boulon -HDG		DC	DC	DC	DC	X	X	X	X	X	
	écrou-HDG		DC	DC	DC	DC	X	X	X	X	X	

Tableau no 3 : Évolution de la corrosion

Note: Revêtement de surface (top coat) attaqué (marqué RS)
Début de la corrosion (marqué DC)
Perte totale du revêtement (marquée X), rouillé

4.2 CONCLUSIONS pour l'ESSAI de BROUILLARD SALIN

Les essais de brouillard salin nous ont relevé que les revêtements **les moins résistants** dans un milieu salin sont les pièces suivantes :

- 3/4 x 2 A449 boulon -MG
- 3/4 x 2 A449 boulon -HDG
- 3/4 A563 écrou-HDG,

Ces pièces ont été corrodées progressivement entre 520 et 1250 heures.

Elles sont suivies de près par :

- 3/4 x 2 A449 boulon JS 1000
- 3/4 A563 écrou JS 1000 qui ont commencé à se corroder à 800 heures et à 2000 heures elle était entièrement corrodée.

Une **résistance moyenne** à la corrosion est attribuée au :

Salt spray test

4.1 METHODOLOGY AND RESULTS

6 other samples were subjected to the tests of salt fog, according to the standard ASTM B117- Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus. The samples are installed on a bracket so that there is no contact between them.

The periodic observations on the state of the coating are carried out all 250 hours approximately, during 3000 hours in total. The plates have been removed in these intervals, rinsed and cleaned with a nylon brush. Here are the results:

No ech Sample 250

h 520 h

800

h 1032

h 1250

h 1800

h 2000

h 2700 h

3000

h 3250

h 3500

h

1 bolt JS 1000

nut JS 1000 RS RS DC DC DC DC DC DC X X X X X X X X X

2 bolt DT 1500 B nut DT 1500 B RS RS RS RS RS RS DC DC DC DC X X X X X X X X

3 bolt 2000DS nut 2000 DS RS RS RS RS RS RS RS DC DC DC DC DC DC DC X X

4 bolt 2000 DB nut 2000DB RS RS RS RS RS RS RS RS RS RS RS RS RS RS RS DC DC

5 bolt -MG MG nut DC DC DC DC DC X X X X X X X X X

6 bolt -HDG nut-HDG DC DC DC DC DC DC DC DC X X X X X X X X X

Table 3: Evolution of the corrosion Note: surface coating (top coat) attack (RS brand)

Beginning of corrosion (mark DC) total loss
of the coating (marked X), rust

4.2 CONCLUSIONS for the test of Salt Fog

testing of salt fog we have noted that the coatings the least resistant
in a saltwater environment are the following parts:

- $\frac{3}{4}$ x 2 A449 bolt -MG

- $\frac{3}{4}$ x 2 A449 bolt -HDG

- $\frac{3}{4}$ A563 nut-HDG,

these parts have been corroded gradually between 520 and 1250 hours.

They are closely followed by:

- $\frac{3}{4}$ x 2 A449 bolt JS 1000

- $\frac{3}{4}$ HAS563 nut JS 1000 who have started to corrode at 800 hours and at 2000 hours it was completely corroded.

Average resistance to corrosion is attributed to:

-3/4 A563 écrou MG

-3/4 x 2 A449 boulon DT 1500 B

-3/4 A449 écrou DT 1500 B qui se sont corrodés entre 1250-2000 heures

La résistance au brouillard salin différente entre le boulon et l'écrou MG s'explique par l'épaisseur du recouvrement (du 61µm à 81µm).

Très bonne résistance à la corrosion est attribué au échantillon 3 qui se sont corrodés entre 1800-3000 heures :

-3/4 x 2 A449 boulon 2000DS

-3/4 A563 écrou 2000 DS

La **meilleure résistance** à la corrosion est celle de l'échantillon no 4, qui a commencé la corrosion à 3250 heures et à 3500 heures l'aspect visuel reste très bon encore.

5. CONCLUSIONS GLOBALES

Les performances en abrasion et au brouillard salin des revêtements des boulons et écrous fournis par le client sont résumées dans le tableau no 4.

No échantil	Appellation l'échantillon	Revêtement de base (bond coat)	Revêtement par-dessus (top coat)	Résistance abrasion	Résistance Brouillard salin
1	-3/4 x 2 A449, JS 1000 -3/4 A563, JS1000	JS1000	SO	moyenne moyenne	Faible-moyenne Faible-moyenne
2	-3/4 x 2 A449, DT1500 -3/4 A449, DT 1500 B	JS1000 + Magni coat	Magni top coat	moyenne moyenne	moyenne moyenne
3	-3/4 x 2 A449, 2000DS -3/4 A563, 2000 DS	Zinc Flakes	Atotec top coat [color : Silver rather flat gloss]	faible faible	Élevé élevé
4	-3/4 x 2 A449, 2000 DE -3/4 A563, 2000DB	Zinc Flakes +	Atotec top coat [color : Black rather flat gloss]	faible faible	excellent excellent
5	-3/4 x 2 A449, MG -3/4 A563, MG	Galvanisation mécanique	SO	moyenne élevé	faible moyenne
6	-3/4 x 2 A449, HDG -3/4 A563, HDG	Galvanisation à chaud	SO	élevé élevé	faible faible

Tableau no 4 : Résumé des résultats d'essai

Réalisé par:

Liana Stepan Stancioi, ing

Date :

11 mars 2014

Transports Québec
Service des Matériaux d'Infrastructures
2700 Einstein, Québec, Qc, G1P 3W8
tel : 418 644 0181
fax : 418 646 6692

-3/4 HAS563 nut MG

-3/4 x 2 A449 bolt DT 1500 B

- 3/4A449 nut DT 1500 B which are corroded contacts between 1250-2000 hours

The resistance to salt spray different between the bolt and the nut MG is explained by the thickness of the recovery (of the 61Åµm to 81Åµm).

Very good resistance to corrosion is assigned to the sample 3 which are corroded contacts between 1800-3000 hours:

-3/4 x 2 A449 bolt 2000DS

-3/4 HAS563 nut 2000 DS

The best corrosion resistance is that of the sample 4, which has begun the corrosion at 3250 hours and at 3500 hours the visual aspect remains very good yet.

5. OVERALL CONCLUSIONS

The performance in abrasion and salt fog coatings of bolts and nuts supplied by the customer are summarized in table 4.

No resample Appellation

of coating

Coating

Resistance Resistance

the sample

ANNEXE 1 : : PHOTOS ESSAI d'ABRASION

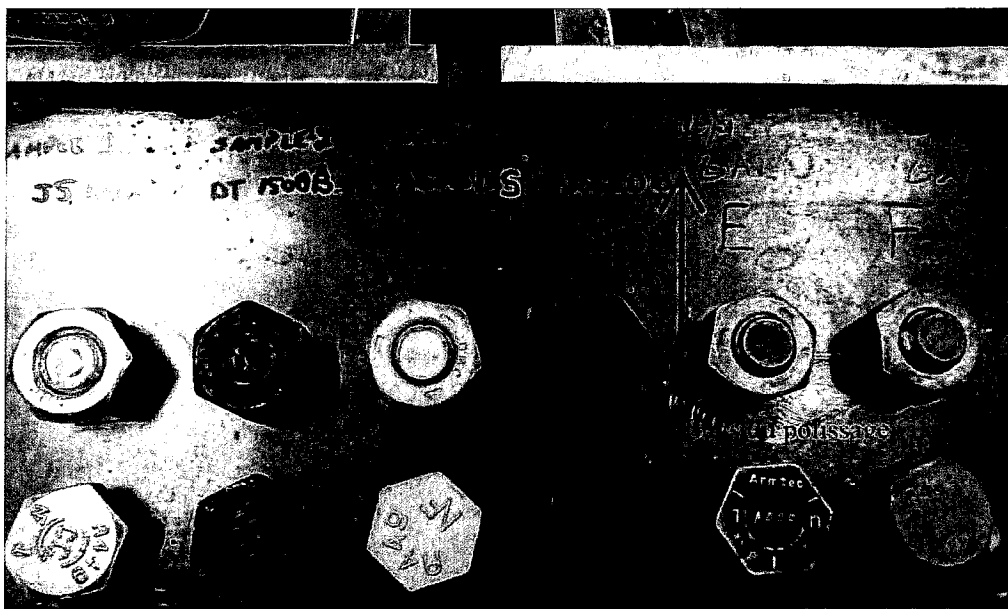


Photo no1 : Disposition d'échantillons pour l'essai d'abrasion

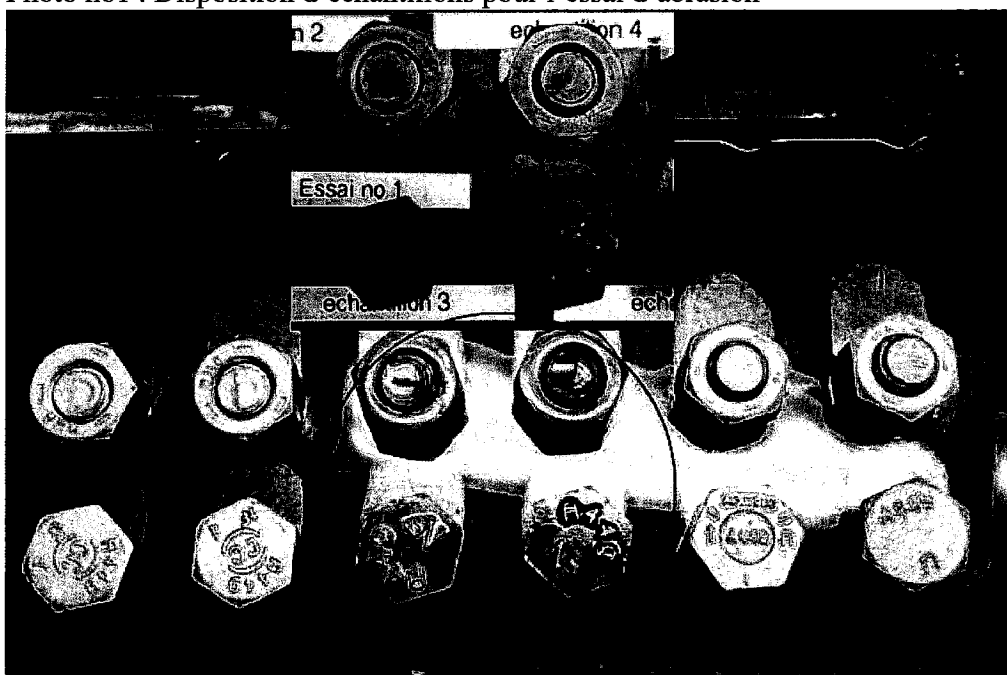


Photo no2 : Après le premier essai

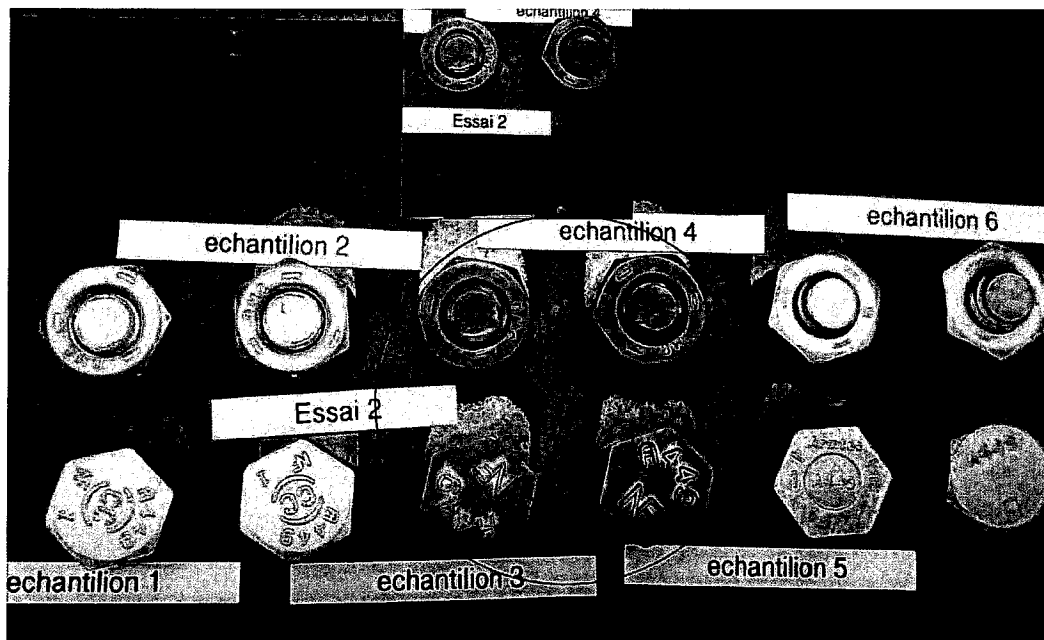


Photo no3 : Après le deuxième essai



Photo no4 : Après le troisième essai

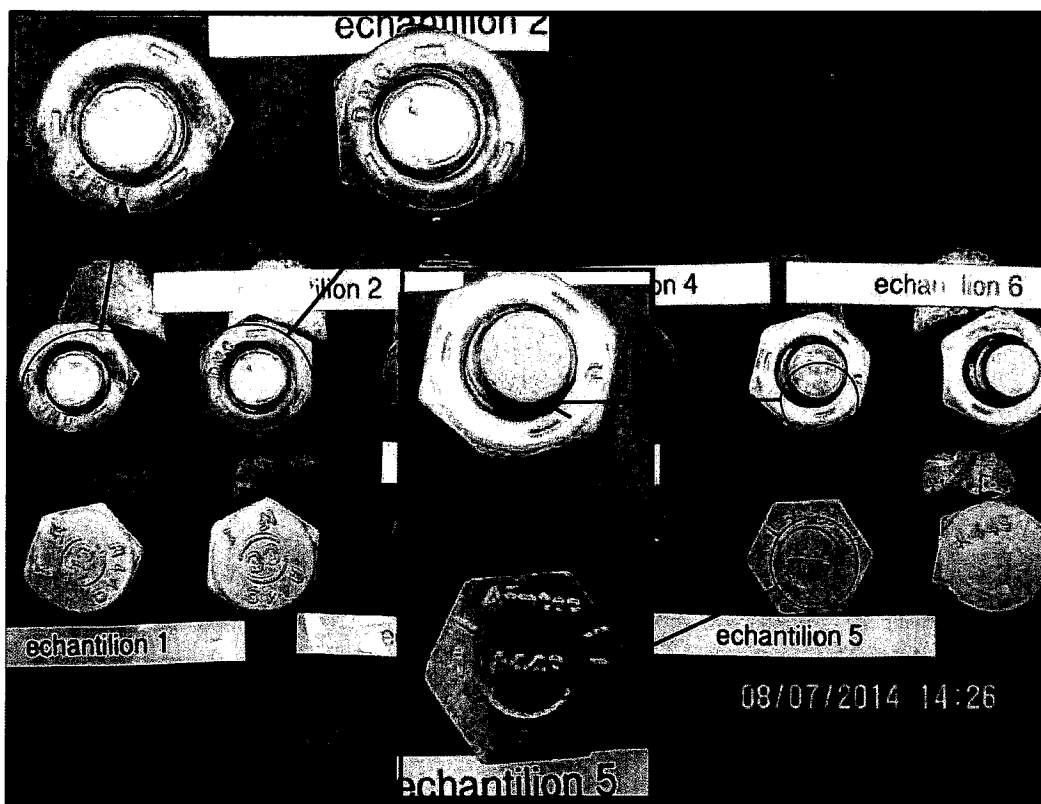


Photo no5 : Après le quatrième essai

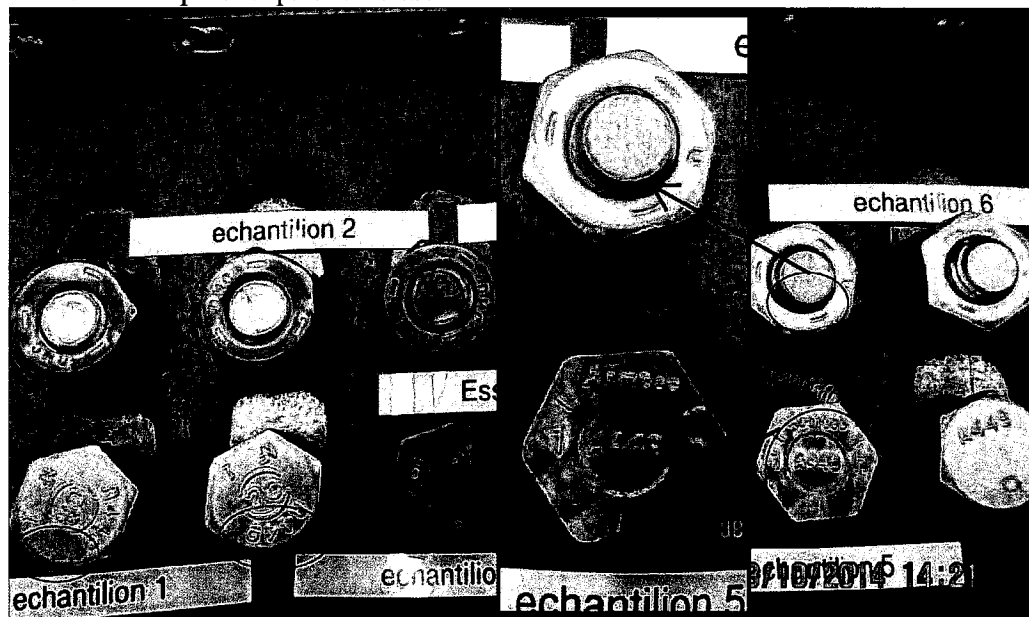


Photo no 6: Après le cinquième essai

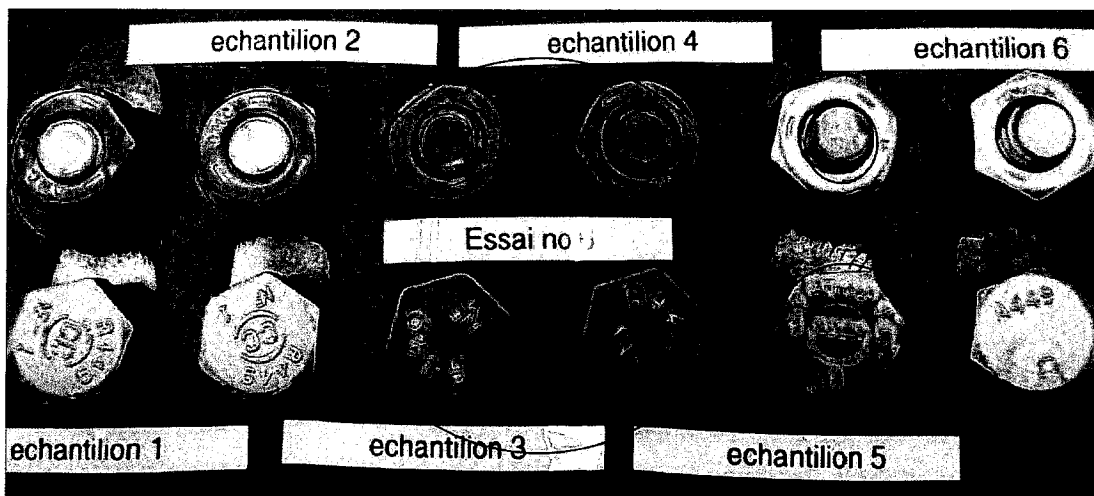


Photo no 7: Après le sixième essai

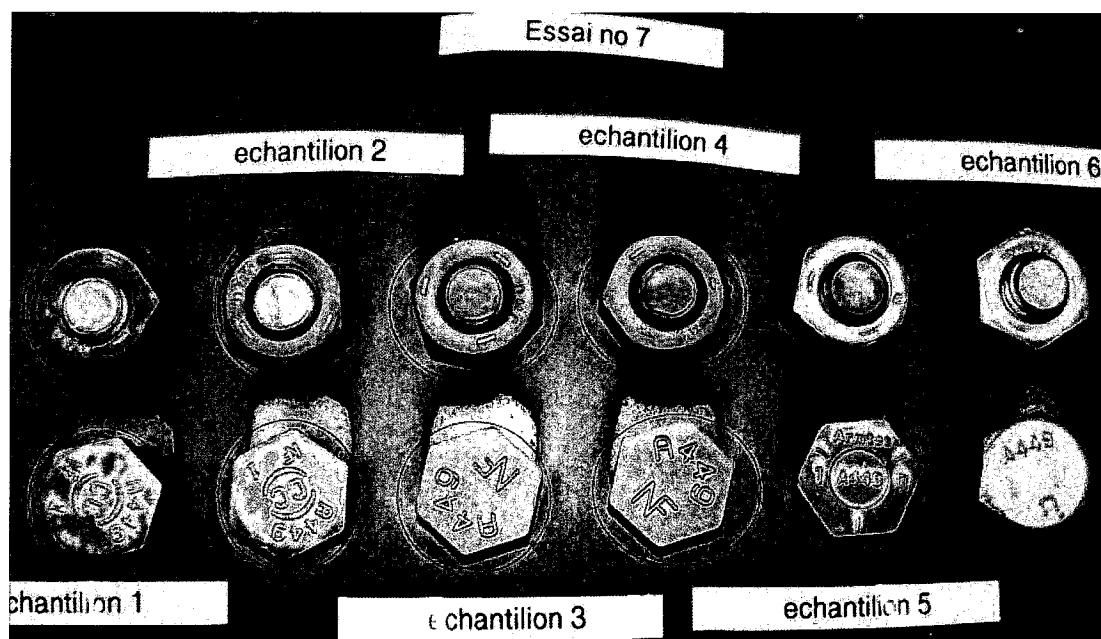


Photo no 8: Après le septième essai

ANNEXE 2 : PHOTOS ESSAI AU BROUILLARD SALIN

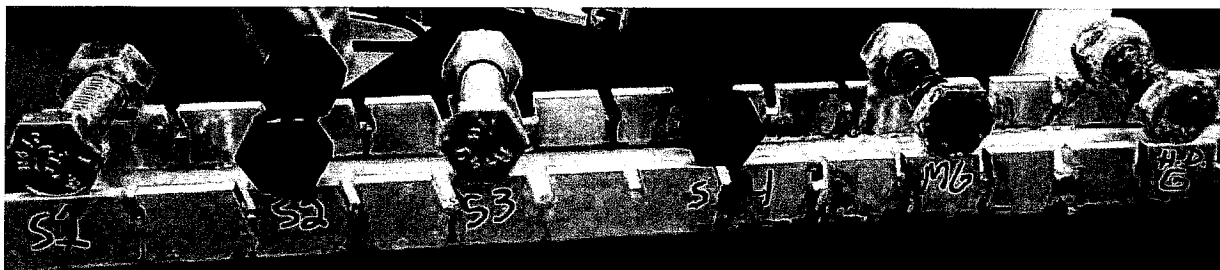


Photo no1 : Après 260 heures en brouillard salin

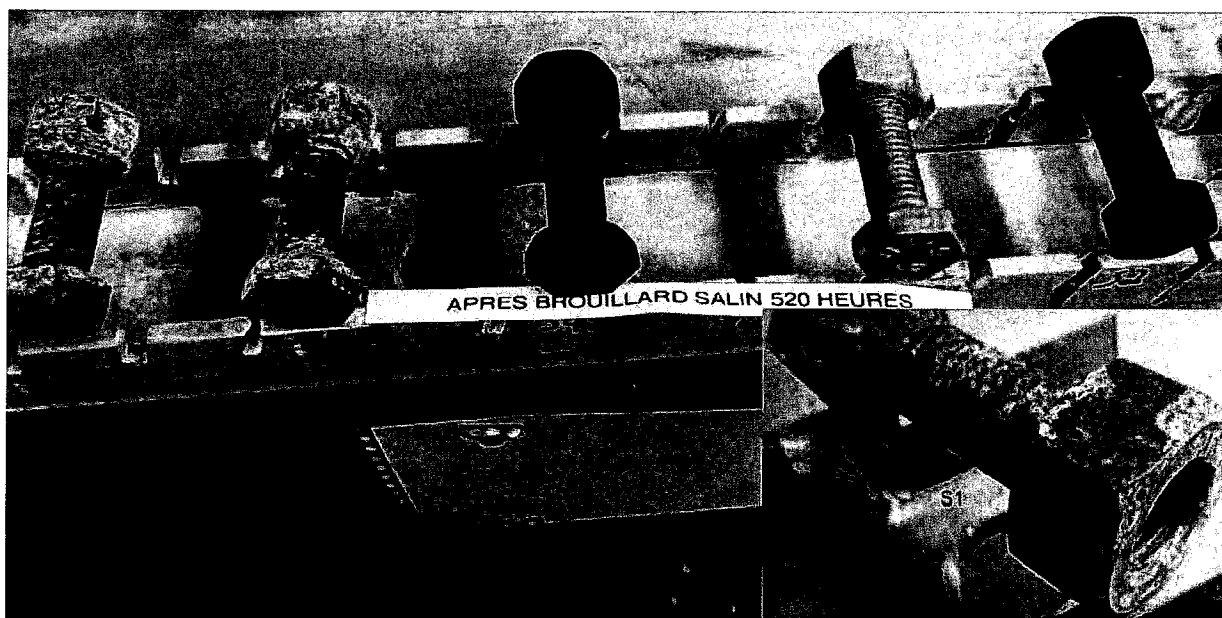


Photo no 2: Après 520 heures en brouillard salin

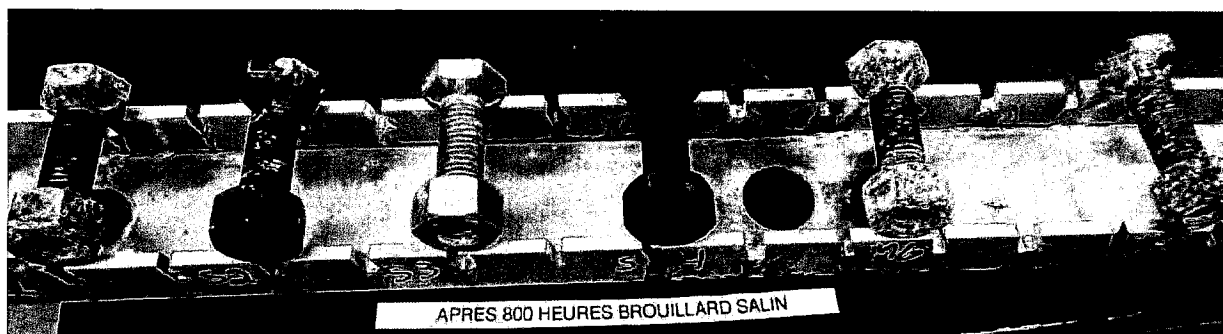


Photo no 3: Après 800 heures en brouillard salin

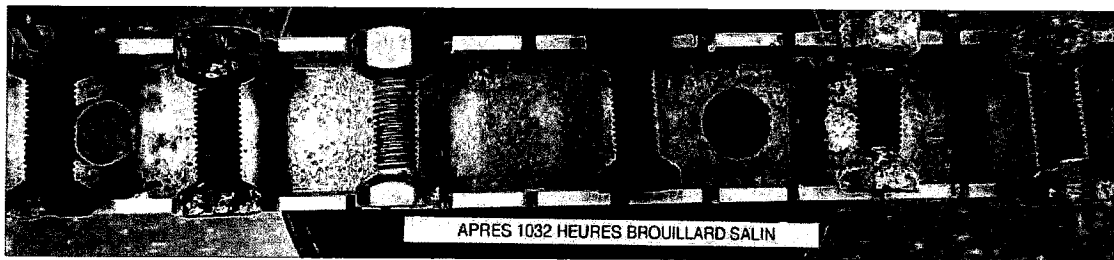


Photo no 4: Après 1032 heures en brouillard salin

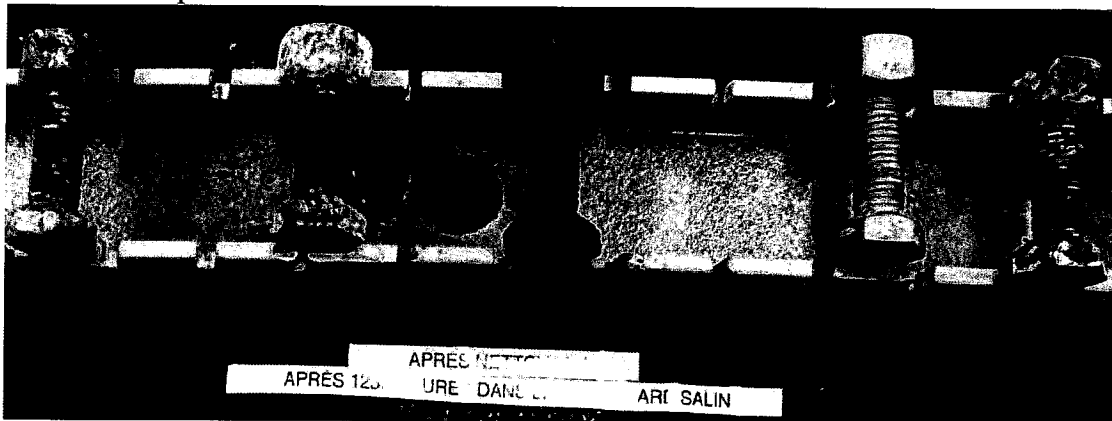


Photo no 5: Après 1250 heures en brouillard salin

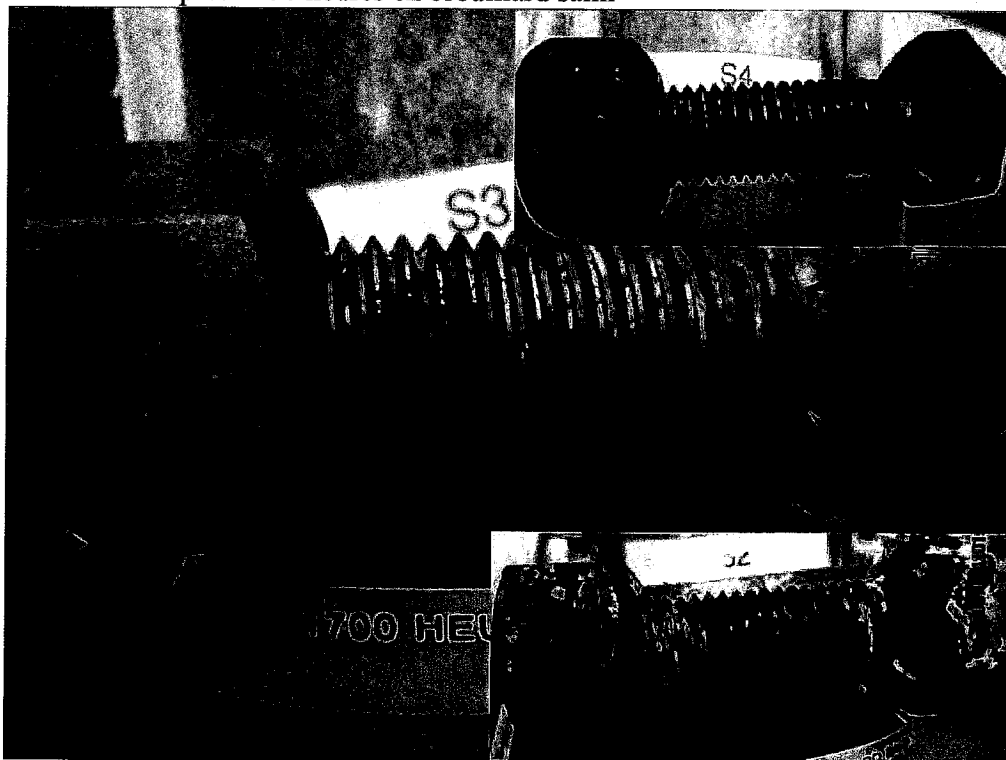


Photo no 6: Après 1700 heures en brouillard salin

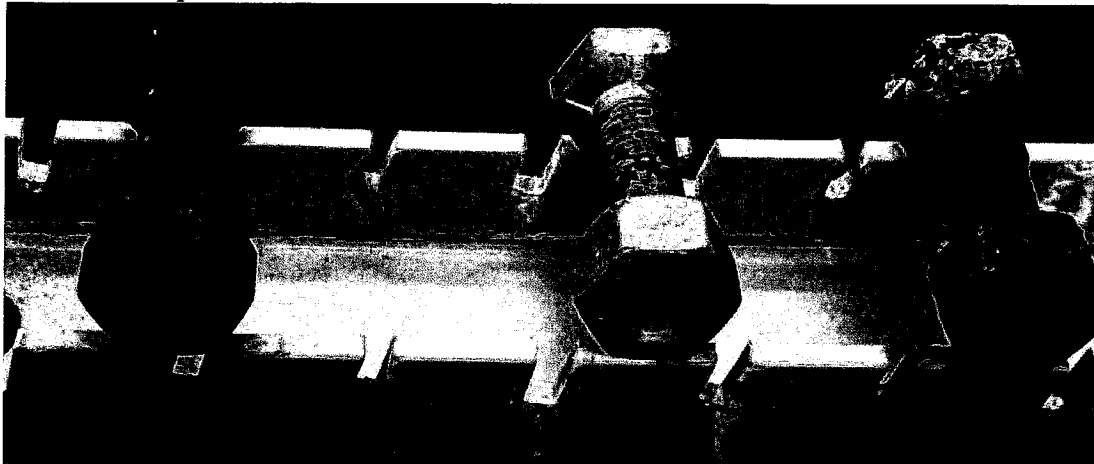


Photo no 7: Après 2000 heures en brouillard salin

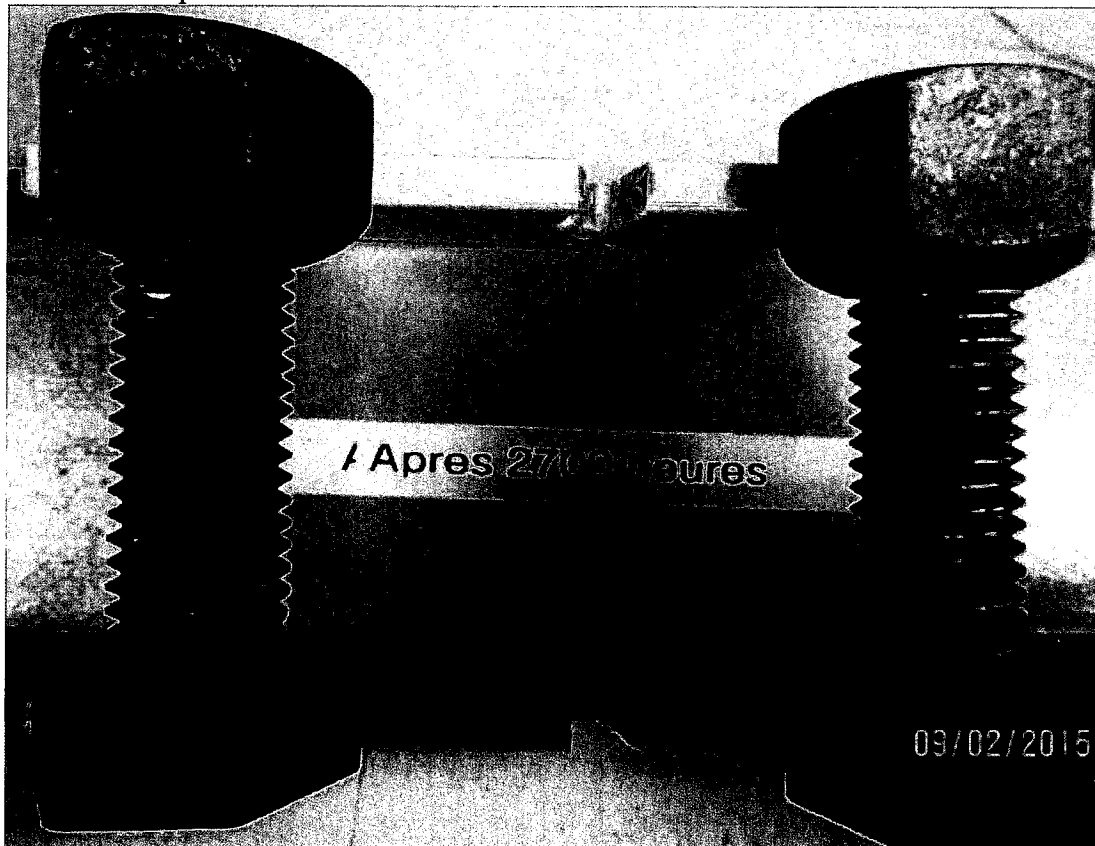


Photo no 8: Après 2700 heures en brouillard salin

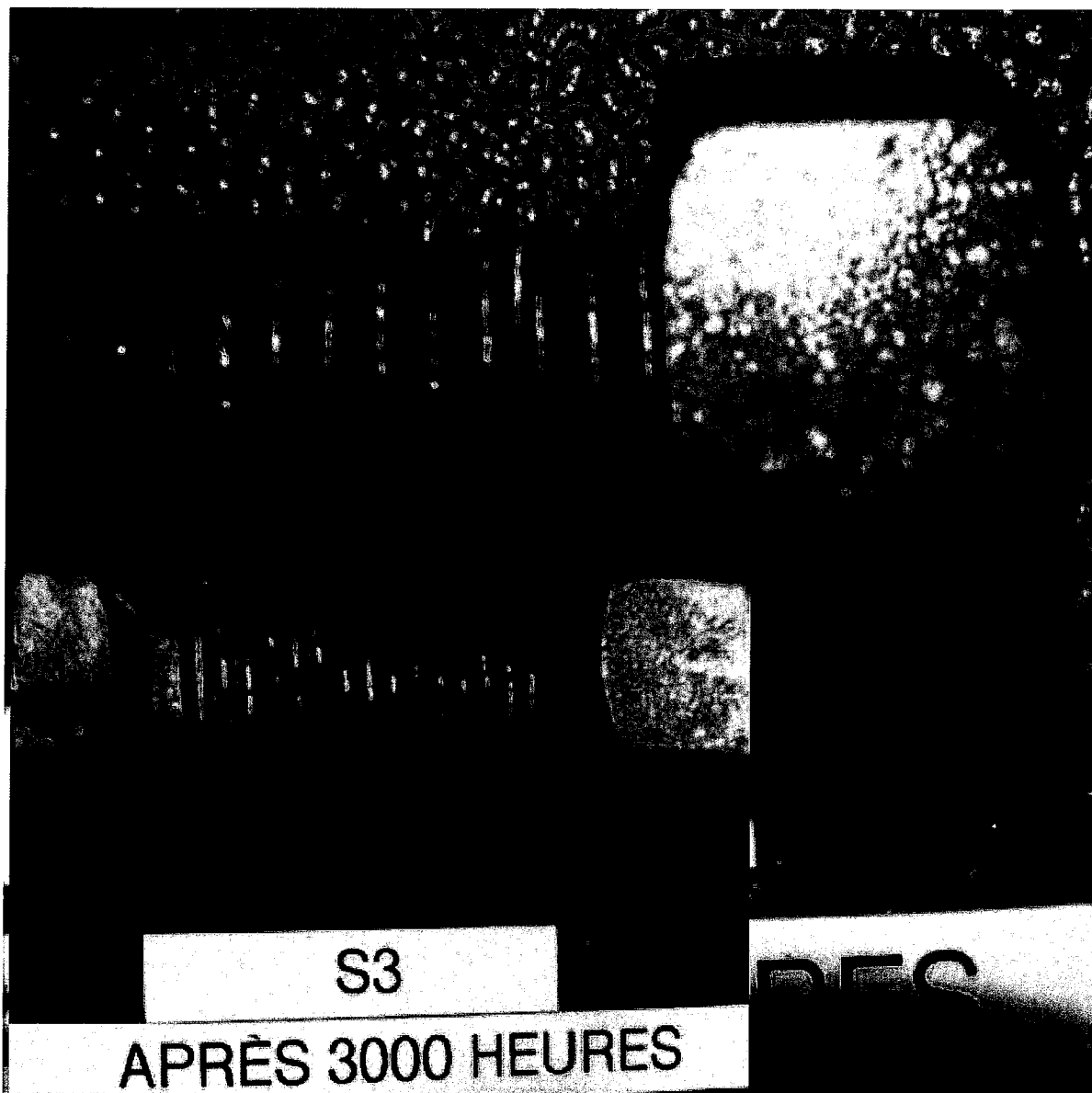


Photo no 9: Après 3000 heures en brouillard salin

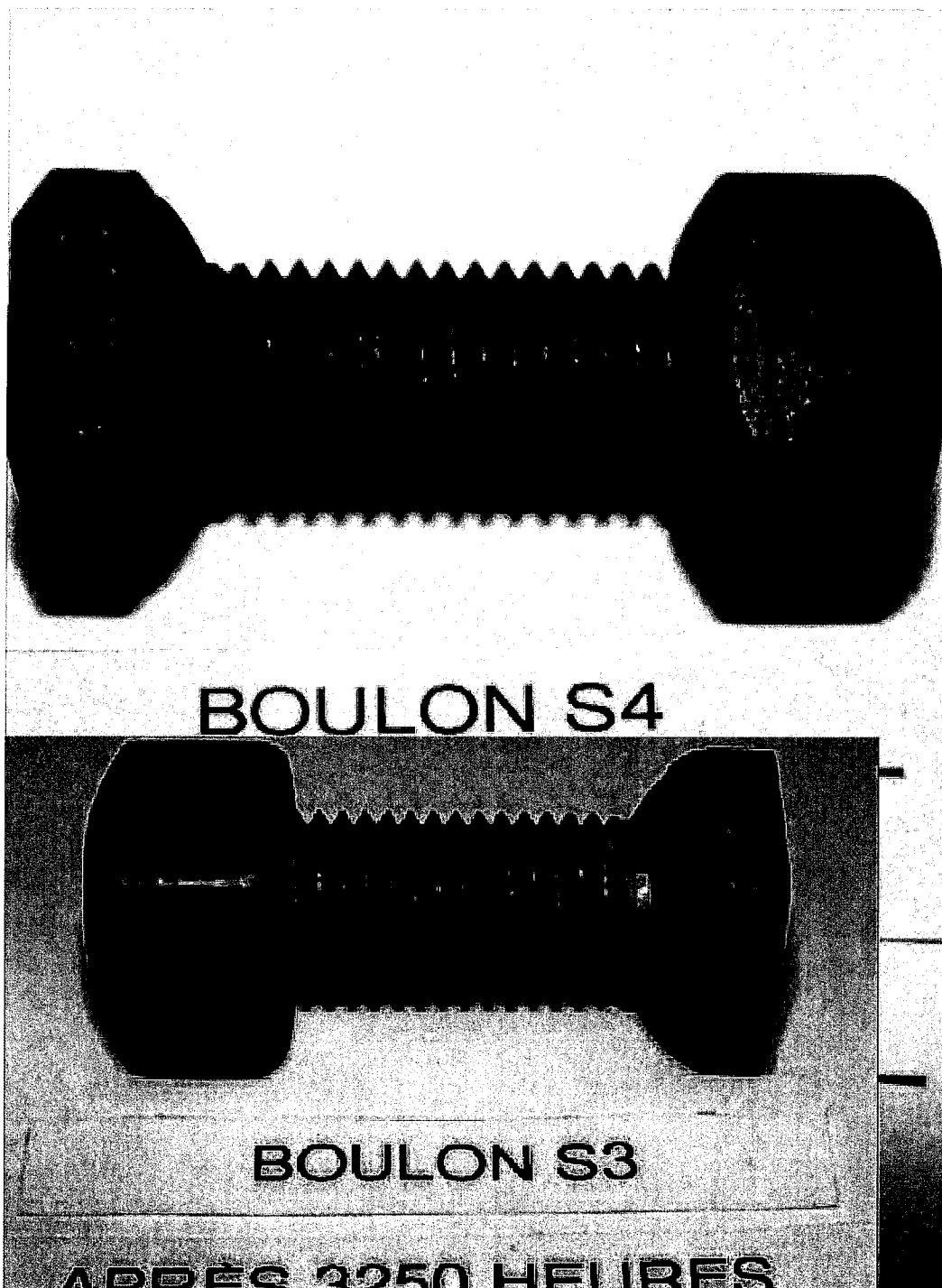


Photo no 10: Après 3250 heures en brouillard salin

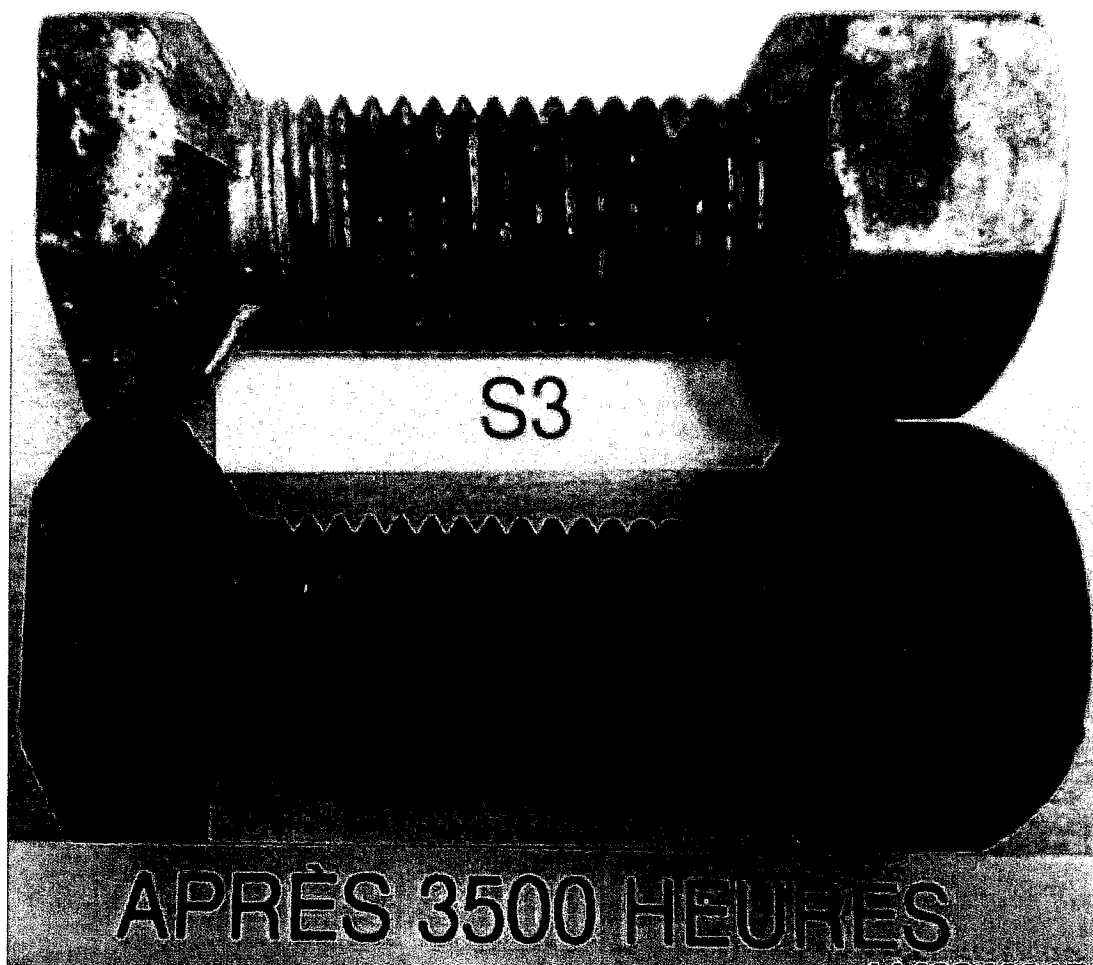


Photo no 11: Après 3500 heures en brouillard salin

ANNEXE 3 : LCL21-102 RESISTANCE AU PÔLISSAGE DES GRANULAT: MÉTHODE PAR PROJECTION

ANNEXE 4 ; LCL21-102 AGGREGATES' RESISTANCE TO POLISHING: SHOT-BLASTING METHOD