



**SF2M GT7 – Séminaire 2014**

**FATIGUE DES TRES GRANDS NAVIRES  
INFLUENCE DES CONTRAINTES RESIDUELLES**

*13 mars 2014*

*Michel HUTHER  
BUREAU VERITAS – Marine and Offshore Division*



*Move Forward with Confidence*

© - Copyright Bureau Veritas

## Contexte



### ► Vérification à la fatigue en conception

- Longueur de soudure sur un pétrolier, plus de 1000 km
- Soudures bruts de soudage
- Contraintes résiduelles de soudage implicitement prises en compte
- Courbe S-N de conception  $m = 3$ ,
- Pratiques de construction navale minimisant les contraintes résiduelles d'ensemble

### ► Réparations en service

- Règles minimisant les contraintes résiduelles de soudage
- Calculs éléments finis pour évaluer les contraintes résiduelles d'ensemble

### ► Retour d'expérience

- Cas connus de ruptures expliquées par les contraintes résiduelles d'ensemble

© - Copyright Bureau Veritas

Présentation Bureau Veritas – SF2M GT7 séminaire – 13 mars 2014

2



## Conception et construction

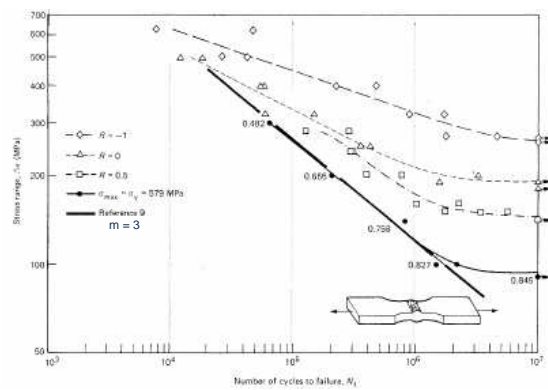
© - Copyright Bureau Veritas

## Conception et construction



### ► $m = 3$ , prise en compte des contraintes résiduelles de soudage

Soudure à franc bord détensionnée



- Akihiko OHTA, Naoyuki SUZUKI and Yoshio MAEDA - Shift of S-N Curves with Stress Ratio – IIW doc XIII-1922-02
- A. OHTA, Y. MAEDA, S. NISHIJIMA, H. NAKAMURA - Fatigue strength evaluation of welded joints containing high tensile residual stresses - Int J. Fatigue July 1986)

© - Copyright Bureau Veritas

Présentation Bureau Veritas – SF2M GT7 séminaire – 13 mars 2014

4



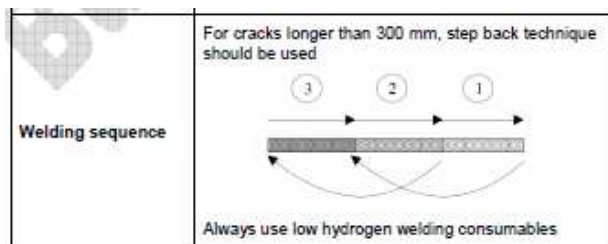
## Réparations en service

© - Copyright Bureau Veritas

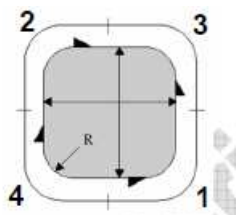
## Réparations en service



### ► Réparation de fissures



### ► Réparation de tôles



Size insert	Standard Min. 300x300 mm $R=5 \times \text{Thickness}$ Circular inserts: $D_{\min} = 200 \text{ mm}$
	Limit Min. 200x200 mm $R_{\min} = 100 \text{ mm}$
Welding sequence	Weld sequence is $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4$ For primary members, sequence 1 and 2 transverse to the main stress direction

© - Copyright Bureau Veritas

Présentation Bureau Veritas – SF2M GT7 séminaire – 13 mars 2014

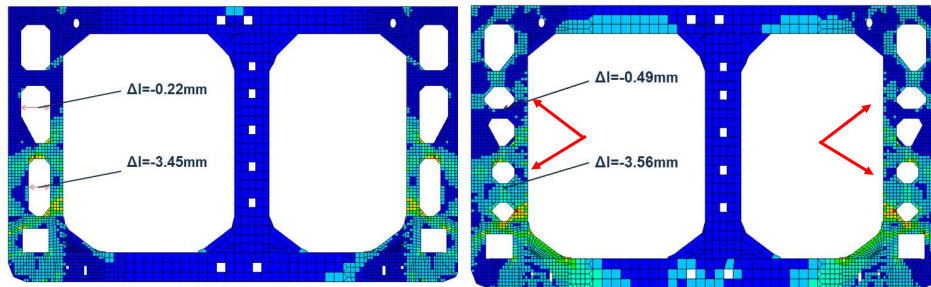
6

## Réparations en service



### ► Calculs des contraintes par éléments finis

Contrainte pour un cas de chargement en service



déformation sans réparation  
cas chargement pendant la réparation

contraintes avec réparation  
cas de chargement en service

- Philippe CAMBOS, Cristian BRAN, Claude ANDREAU - Calcul de résistance ultime d'un anneau transversal de FPSO et des contraintes induites lors de réparations – ATMA 2013



## Retour d'expérience – cas du Treasure

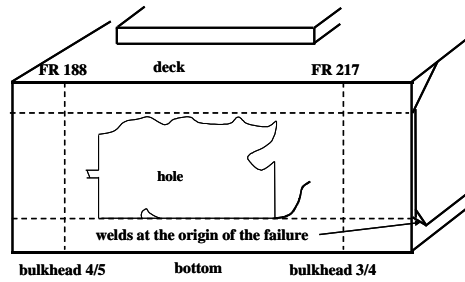
## Retour d'expérience – Cas du Treasure



### ► Les faits

- Treasure:  
minéralier de 143 731 tdw / L = 264 m

- 14 juin 2000  
trou de 17x10 m dans le bordé

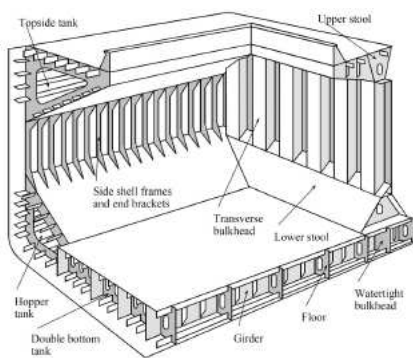


## Retour d'expérience – Cas du Treasure

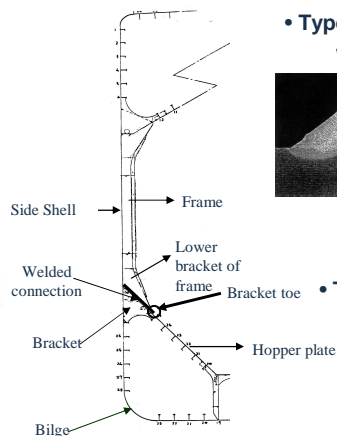


### ► Structure et rupture

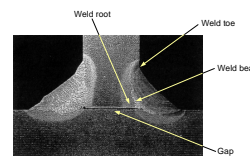
#### • Structure du bordé



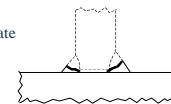
#### • Origine de la rupture



#### • Type de soudure



#### • Type de rupture



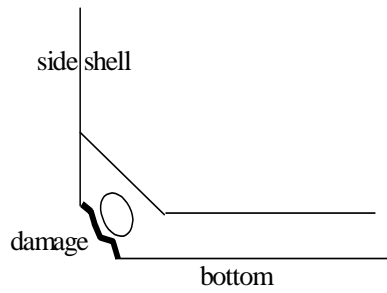
- soudure normalement en compression: pas de risque fatigue en racine  
mais en réalité rupture par la racine

## Retour d'expérience – Cas du Treasure



### ► Le passé

- Accident dans le canal de Suez (26 avril 1999)  
arrachement du bouchain tribord



- partie endommagée
- exemple de dommage similaire sur un autre navire

## Retour d'expérience – Cas du Treasure



### ► Le passé

- Arrachement du bouchain tribord de cale 1 à 6 puis réparation

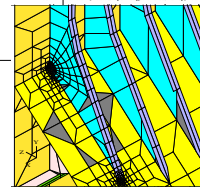
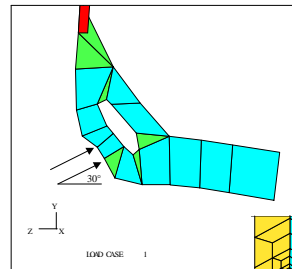
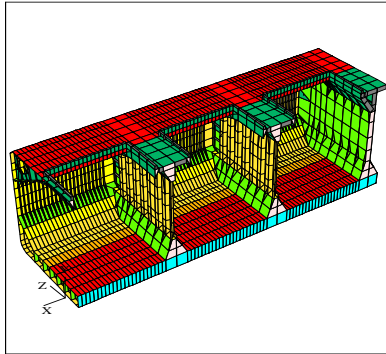


## Retour d'expérience – Cas du Treasure



### ► Contraintes résiduelles accident et en service

#### • Modèles éléments fini



- contraintes de compression lors de l'accident
- contraintes de traction par relaxation lors des découpes
- contraintes de traction lors des soudages de réparation

## Retour d'expérience – Cas du Treasure

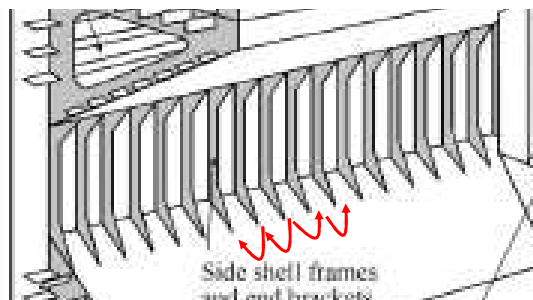


### ► Fatigue entre réparation et accident

- Fissure par la racine: propagation des fissures
  - avec contraintes résiduelles de traction
    - durée de vie 12 mois sans fissure en racine
    - durée de vie 9 mois avec fissuration existante non visible en racine

### ► Rupture du bordé

- Effet domino après rupture d'un premier pied de gousset de raidisseur

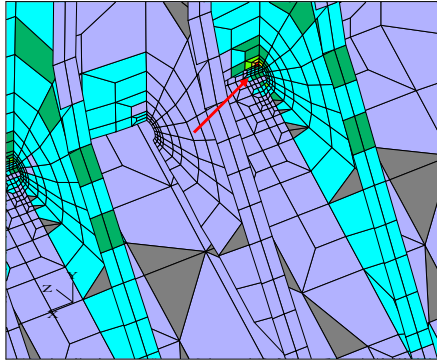


## Retour d'expérience – Cas du Treasure

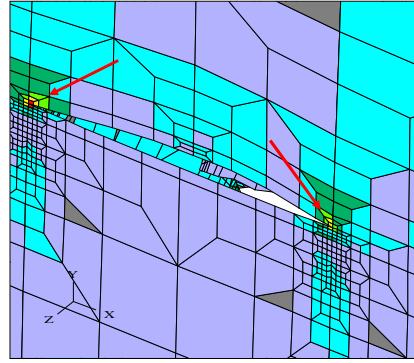


### ► Concentration sur bordé par effet domino

- Contraintes avec 2 raidisseurs rompus



vue coté intérieur



vue coté extérieur

- par fatigue fissure du bordé puis rupture fragile



**BUREAU  
VERITAS**

***Merci pour votre attention***