

# Utilisation d'armatures composites internes pour la réalisation de tourelles en béton armé en mer



A. ROLLAND – CEREMA

S. CHATAIGNER – UGE

K. BENZARTI – UGE

N. FADY – CEREMA

L. BATTAIS – UGE

C. GALIANA – CEREMA

P.-E. CABON – DIRM NAMO

H. SABOUREAU – DIRM NAMO

## Le projet

|                                                  |                                                              |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Maître d'ouvrage<br>(et exécutant des travaux) : | DIRM NAMO<br>Subdivision des phares et balises de Concarneau |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|

|                                                                  |                             |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Intérêt du MOA pour<br>l'utilisation d'armatures<br>composites : | Insensibilité aux chlorures |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------|

|                                           |                                                                   |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Deux sites d'expérimentation<br>retenus : | Tourelles <b><i>Men Leoneg</i></b> et <b><i>Le Petit Taro</i></b> |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|

|             |                                                                                                                                                                                        |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Objectifs : | Confirmer l'aptitude à l'emploi des armatures<br>composites dans le génie civil<br><br>Evaluer la durabilité d'ouvrages en béton armé<br>avec armatures composites en condition réelle |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

# Les sites d'expérimentation

## ***DIRM NAMO – Subdivision des phares et balises de Concarneau***



# Les armatures

- Produit retenu : Mateenbar®
- Armatures en Polymère Renforcé de Fibres de Verre (PRFV)
- Fibres de verre E-CR / matrice vinylester



©Mateenbar®



*Ferrailage tourelle Men Leoneg avant coulage*

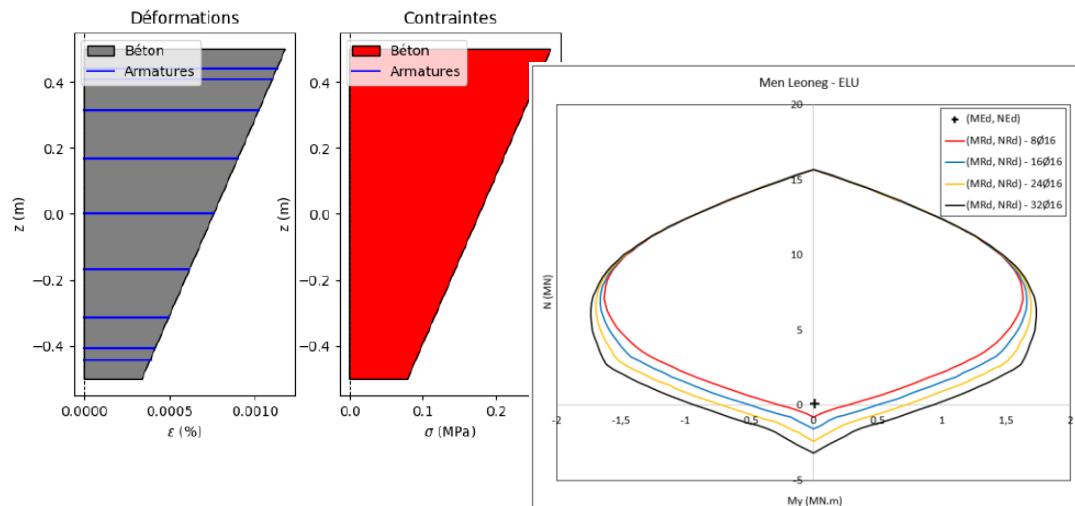
# Les armatures

- Dimensionnement des armatures selon les recommandations AFGC de 2022 :  
*« Utilisation d'armatures composites (à fibres longues et à matrice organique) pour le béton armé »*
- Efforts de houle calculés selon le référentiel STCPMVN - STC PM N° 86-3 :  
*« Efforts hydrodynamiques sur les pieux »*

## Men Leoneg - Efforts de dimensionnement

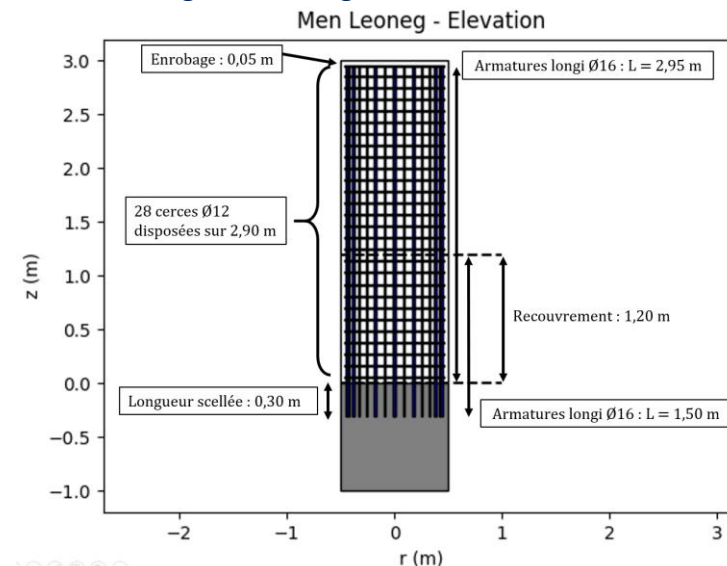
| Etat limite                  | Situation                                       | Effort normal<br>$N_{Ed}$<br>(kN) | Effort tranchant<br>$V_{Ed}$<br>(kN) | Moment d'encastrement<br>$M_{Ed}$<br>(kN.m) |
|------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------|
| Etat Limite de Service (ELS) | Combinaison quasi permanente : G                | 138,8                             | 0,0                                  | 0,0                                         |
|                              | Combinaison caractéristique : G + Q             | 138,8                             | 8,0                                  | 6,4                                         |
| Etat Limite Ultime (ELU)     | Situation durable (ELU fondamental) : G + 1,5 Q | 138,8                             | 11,9                                 | 9,6                                         |

## Men Leoneg – Justification en flexion à ELU



Diagrammes d'interaction à l'ELU (calcul CDS®)

## Men Leoneg – Ferrailage retenu

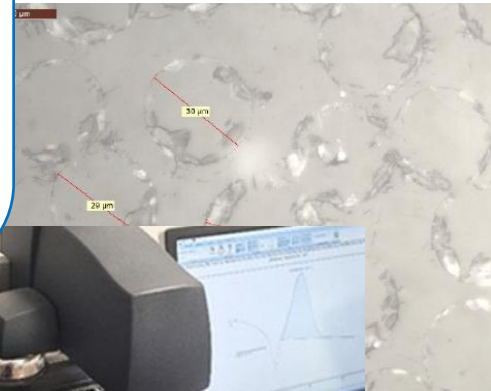


# Contrôle en laboratoire des caractéristiques des armatures

## *Essais de contrôle - UGE*

*(Recommandations AFGC)*

- Observations microstructurales
- Section effective
- Absorption d'eau
- Température de transition vitreuse  $\geq 100\text{ °C}$
- Module d'élasticité  $\geq 45\text{ GPa}$
- Résistance en traction  $\geq 800\text{ MPa}$
- Résistance au cisaillement interlaminaire
- Adhérence armature/béton  $\geq 7,5\text{ MPa}$



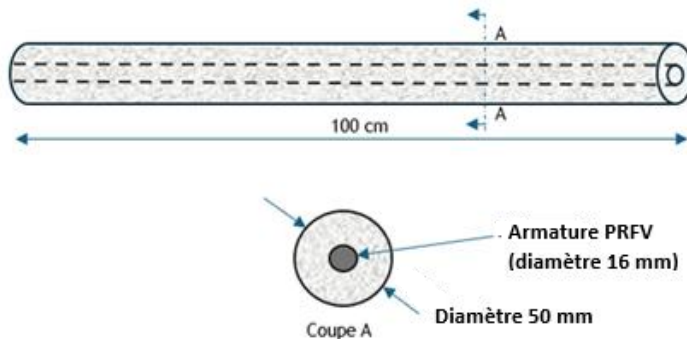
# Réalisation

*Men Leoneg – Septembre 2025*



# Programme de suivi de durabilité en condition réelle

## *Mise en place sur site d'échantillons témoins*



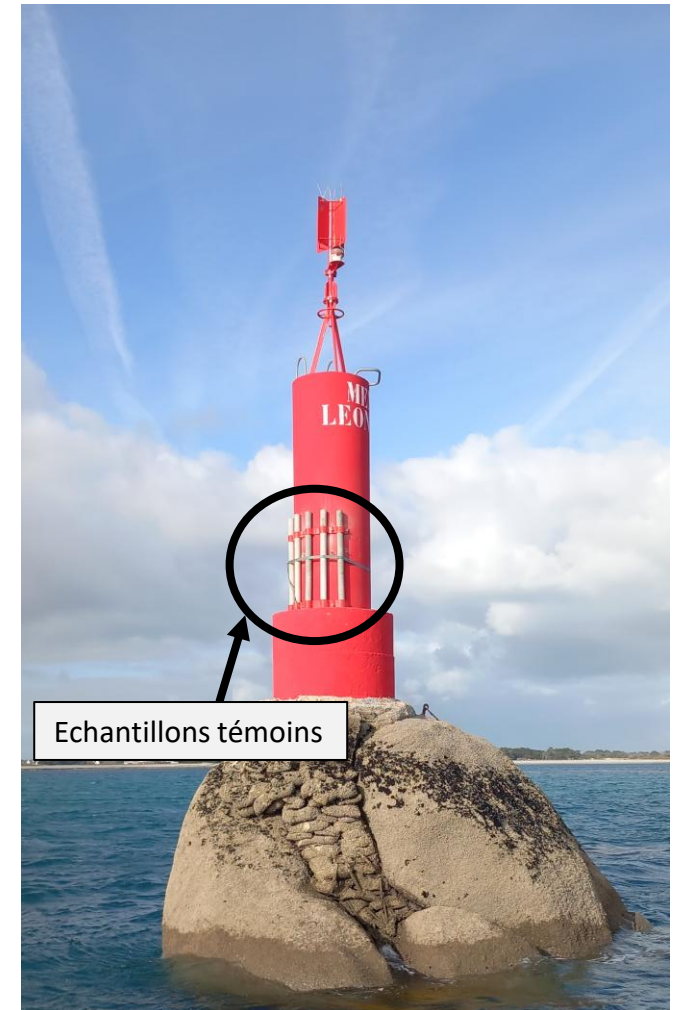
## *Programme prévu*

**Essais et analyses à 1, 2, 5 et 10 ans :**

- Température de transition vitreuse
- Module et résistance en traction
- Résistance en cisaillement inter laminaire



**Observations microstructurales à 10 ans**



# Conclusions

- Première réalisation sur ouvrage en mer en France (à notre connaissance)
- Confirme la bonne applicabilité des règles de calcul de l'AFGC

**Règles de calcul reprises en grande partie dans la future  
Annexe Nationale Française de l'Eurocode 2**

- Mise en œuvre facilitée par la légèreté des armatures



**Prévoir des dispositions pour empêcher la flottaison lors du coulage !**

- Etude de durabilité sur 10 ans



**permettra de disposer de données sur la tenue des armatures en  
condition réelle**

# Merci de votre attention



A. ROLLAND (\*) – CEREMA

S. CHATAIGNER – UGE

K. BENZARTI – UGE

N. FADY – CEREMA

L. BATTAIS – UGE

C. GALIANA – CEREMA

P.-E. CABON – DIRM NAMO

H. SABOUREAU – DIRM NAMO

(\*) contact : [arnaud.rolland@cerema.fr](mailto:arnaud.rolland@cerema.fr)