

AFGC

IMGC

CEFRACOR

CEFRACOR CERTIFICATION Protection Cathodique EN ISO 15257 competence

# « LA PROTECTION CATHODIQUE DES OUVRAGES EN BETON ARME : DU DIAGNOSTIC AUX TRAVAUX »

Journée Technique AFGC Méditerranée
Mercredi 12 décembre 2018
Centre de Formation Emile Picot de Mallemort

# Les risques associés à la conception d'un système de protection cathodique



AsterBTP
EXPERTISE GAIN DURABLE

**LA PROTECTION CATHODIQUE DES OUVRAGES EN BETON ARME :**
***DU DIAGNOSTIC AUX TRAVAUX***

Frédéric GERENTE

# SOMMAIRE

- Objectifs de la présentation
- Rappel sur les principes de corrosion et les modes de traitements électrochimiques
- La phase de diagnostic d'un ouvrage
- La phase de design de la protection cathodique
- Conclusion

# Objectif de la présentation

Les démarches d'ingénierie qui conduisent au dimensionnement d'un système de protection cathodique et les risques associés

- L'importance des choix effectués lors des phases de conception
  - La nécessité d'un diagnostic réalisé en connaissance des pathologies rencontrées et des solutions réparatoires
  - L'accompagnement du MO par rapport aux choix de solutions de protection cathodique
  - Un dimensionnent précis d'un système de protection cathodique
- Les risques en phase de conception
  - Appréhension de la pathologie et de la dégradation de l'ouvrage
  - Choix des hypothèses retenues et du système de protection cathodique associé
- La phase de travaux, confrontation des solutions et possibilité d'évaluation des systèmes

# SOMMAIRE

- Objectifs de la présentation
- Rappel sur les modes de traitements électrochimiques
- La phase de diagnostic d'un ouvrage
- La phase de design de la protection cathodique
- Conclusion

# Modes de traitements électrochimiques

## Corrosion liée au béton carbonaté

- Pénétration du CO2

⇒ Baisse du pH du béton

⇒ Traitement de rehausse du pH

⇒ Abaissement du potentiel

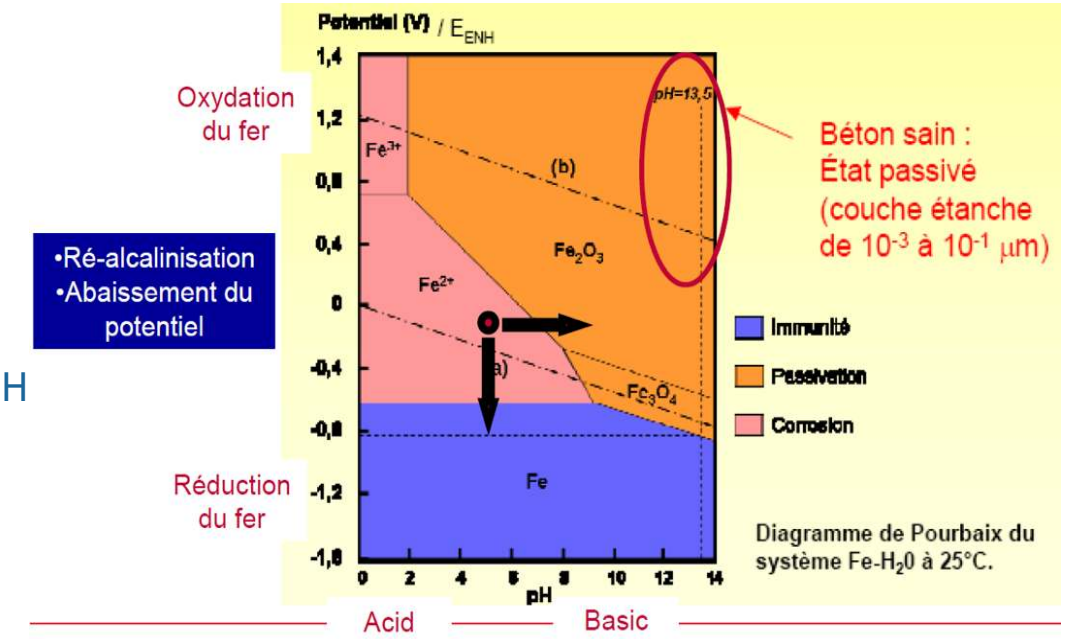


Diagramme de Pourbaix du système Fe-$H_20$ à 25°C.

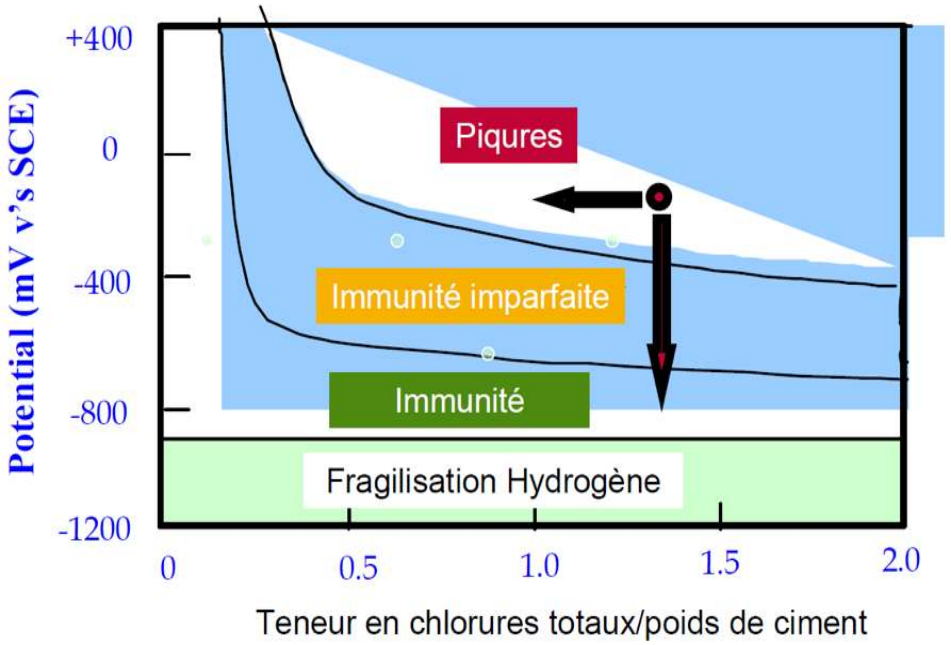
# Modes de traitements électrochimiques

## Corrosion liée au béton contaminé par les ions chlorures

- Concentration en ions chlorures

⇒ réduction du taux de chlorures

⇒ Abaissement du potentiel



# SOMMAIRE

- Objectifs de la présentation
- Rappel sur les principes de corrosion et les modes de traitements électrochimiques
- La phase de diagnostic d'un ouvrage
- La phase de design de la protection cathodique
- Conclusion

# Le diagnostic d'un ouvrage

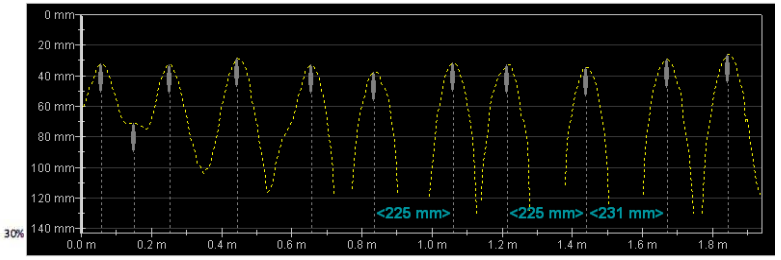
Une première phase essentielle servant aux choix d'hypothèses

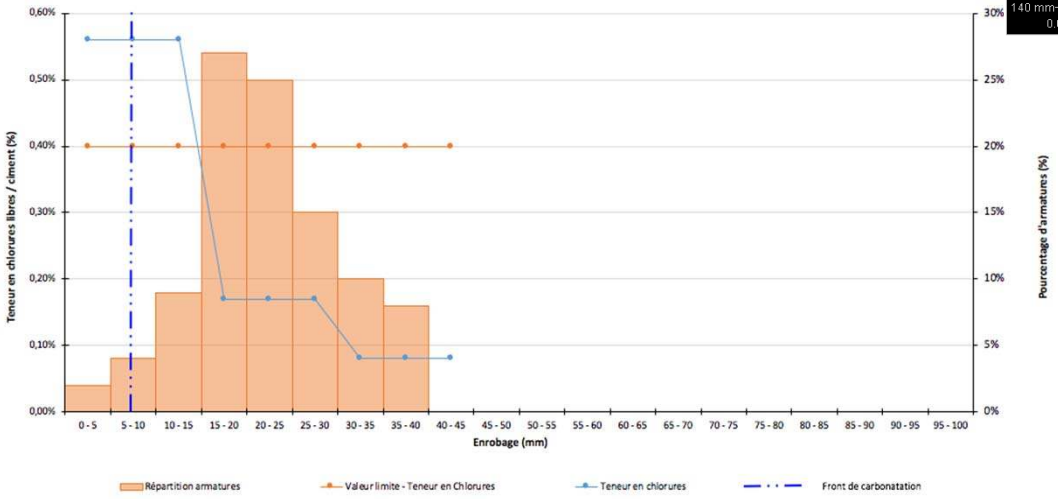
- Le diagnostic de l'ouvrage
  - La nature de l'ouvrage et l'exposition, milieu environnent
  - Les désordres ou anomalies observables
  - Le mode constructif (béton armé ou béton armé précontraint)
  - Tests de continuité des armatures
- Le diagnostic de la pathologie de corrosion
  - Nature des matériaux (tests sur le béton, types d'aciers)
  - Les polluants (problématique de carbonatation, de pénétration des ions chlorures)
  - Les dispositions constructives (les enrobages des armatures et sites de corrosion, zones de précédentes réparations)
  - Eventuel effet de piles induites
  - L'étendu des zones altérées

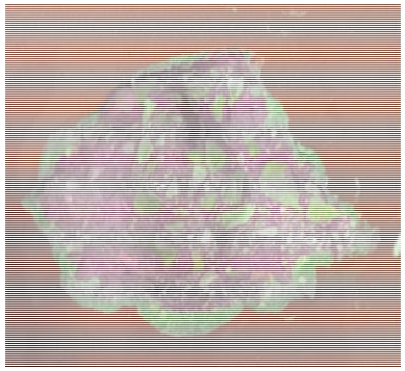
# Le diagnostic d'un ouvrage

## Les mesures d'enrobage

- Les analyses des enrobages avec une interprétation statistique
- Les mesures du front de carbonatation
- Les mesures des teneurs en ions chlorure



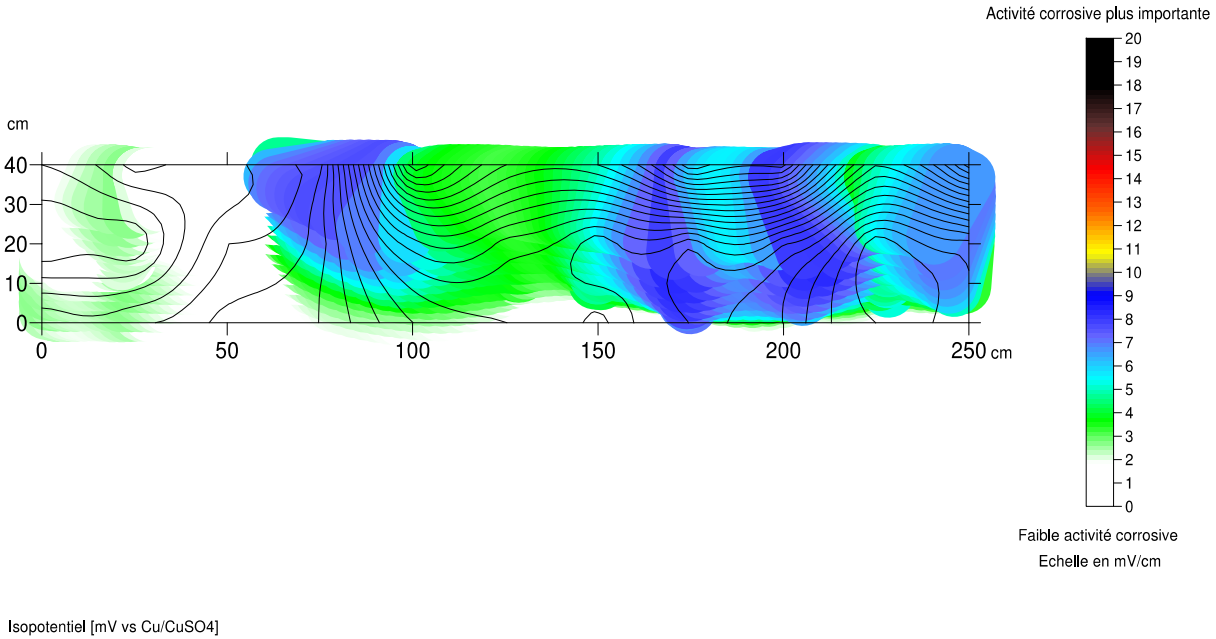



# Le diagnostic d'un ouvrage

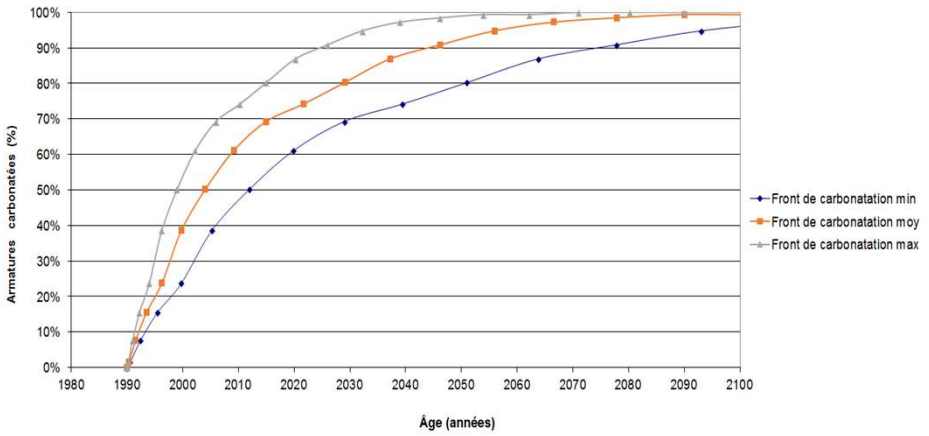
## Les mesures de potentiels

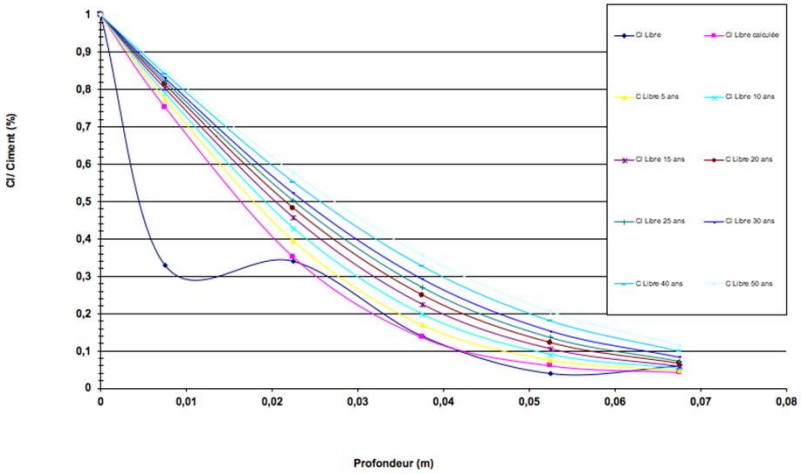
- Les mesures ci-contre sont interprétées en fonction des gradients



# Le diagnostic d'un ouvrage

## Les approches prédictives de l'évolution de la corrosion



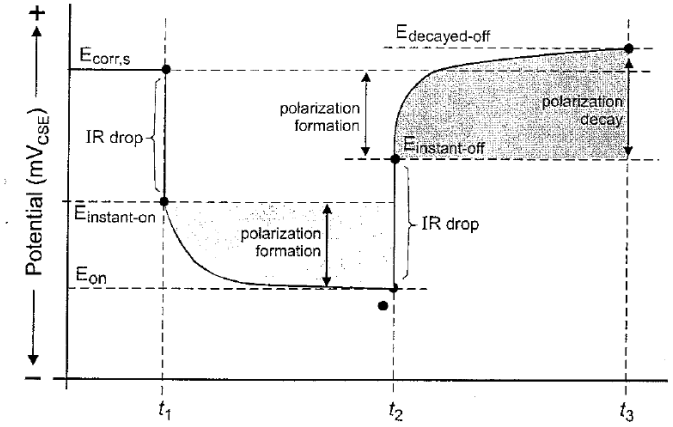

Cela constitue une aide essentielle à la décision sur le choix des solutions réparatoires à mettre en œuvre vis-à-vis de la corrosion

# Le diagnostic d'un ouvrage

## Essai « pilote » de protection cathodique

- Interprétation des résultats

| Zone testée | | Zone n°3 – Poutre |
|---|---|---|
| Jour J | Eoc cathode (en mV Ag/AgCl) | -446 |
| | Eoc Anode (en mV Ag/AgCl) | -970 |
| Jour J+1 | Ecc cathode (en mV Ag/AgCl) | -910 |
| | Eoc cathode à t+0,5s (en mV Ag/AgCl) | -850 |
| | Eoc cathode à t+24h (en mV Ag/AgCl) | -709 |
| | Eoc Anode (en mV Ag/AgCl) | -970 |



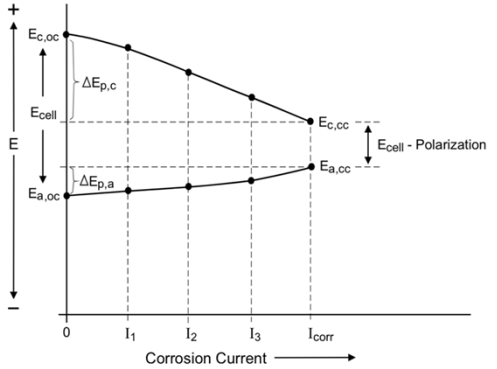




**Figure 1-18: Evans Diagram for a Corrosion Cell Under Cathodic Control**

# Le diagnostic d'un ouvrage

Synthèse des investigations en phase de diagnostic

- Les données ne doivent jamais être interprétées individuellement
- Nécessité de vérifier la cohérence entre les différents résultats
- L'approche prédictive doit être exploitée avec précaution. Elle permet une aide à la décision sur le choix des techniques à envisager pour les réparations
- L'ensemble des éléments du diagnostic doit permettre la prise d'hypothèses relatives à la mise en œuvre d'un système de protection cathodique

Une maîtrise partielle du diagnostic peut biaiser la prise d'hypothèse avec toutes les conséquences que cela peut impliquer sur la conception d'un système de protection cathodique.

# SOMMAIRE

- Objectifs de la présentation
- Rappel sur les principes de corrosion et les modes de traitements électrochimiques
- La phase de diagnostic d'un ouvrage
- La phase de design de la protection cathodique
- Conclusion

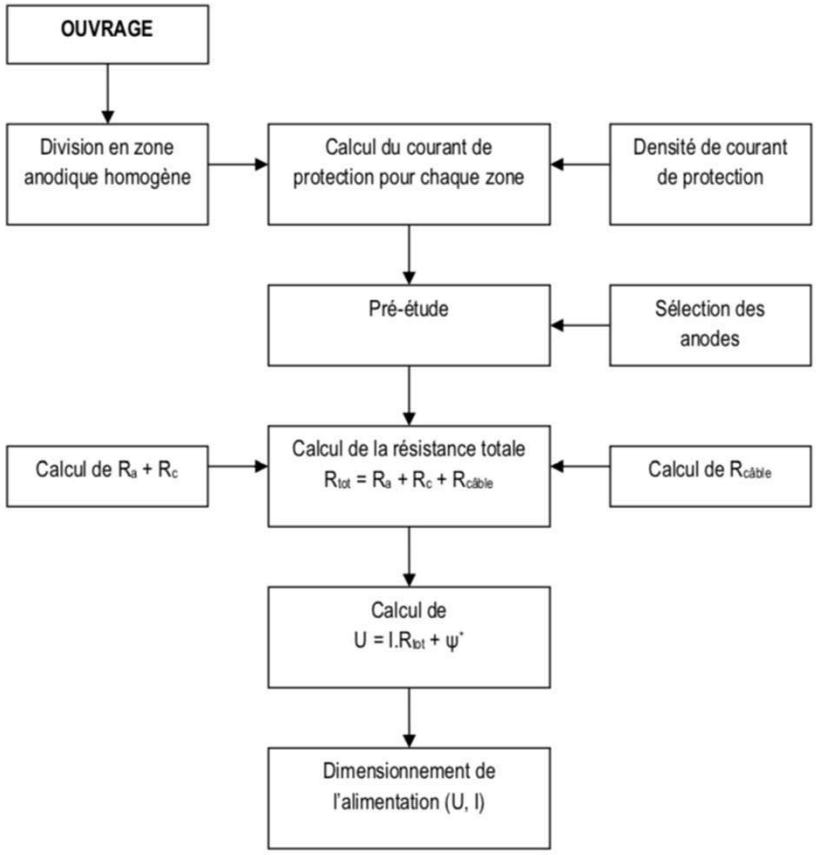
# Design de la protection cathodique

- Les résultats du diagnostic et leur synthèse sont les données d'entrée des hypothèses de conception d'un système de protection cathodique.
- La solution réparatoire des problématiques de corrosion est à concevoir en adéquation avec l'ouvrage, sa destination et la volonté du MO d'effectuer des travaux durables.
- Le design d'une solution de protection cathodique suit alors le logigramme ci-après présenté.

# Design de la protection cathodique

Les risques associés lors du design d'un système de protection cathodique

- Le courant de protection
- Le zonage
- Le choix des anodes
- Les tension de perte
- La force contre électromotrice
- Le dimensionnement en puissance
- Les courants vagabonds
- Le risque de foudre



# SOMMAIRE

- Objectifs de la présentation
- Rappel sur les principes de corrosion et les modes de traitements électrochimiques
- La phase de diagnostic d'un ouvrage
- La phase de design de la protection cathodique
- Conclusion

# Conclusion

La démarche d'ingénierie de conception dans les phases étude est différente de la démarche de design d'un système de protection cathodique dans les phases de travaux.

- Aucune confrontation technique n'est généralement possible lors des études (DIAG, AVP, PRO et DCE)
  - Un diagnostic partiellement ou mal réalisé peut être source d'erreur sur les prises d'hypothèses et les choix des solutions réparatoires
  - Lors de la conception d'un système de protection cathodique par un Maître d'œuvre dans les phases étude, il n'est généralement pas possible de se confronter avec d'autres intervenants extérieurs sur le sujet
- Un risque important pour l'ouvrage
  - Conception ne permettant pas de remplir les objectifs du MO
  - Difficulté à retenir une entreprise dans le cadre des travaux prévus
  - Porte ouverte à des dérives financières et techniques

# Merci pour votre attention



AsterBTP
EXPERTISE GAIN DURABLE

**LA PROTECTION CATHODIQUE DES OUVRAGES EN BETON ARME :**
***DU DIAGNOSTIC AUX TRAVAUX***

Frédéric GERENTE