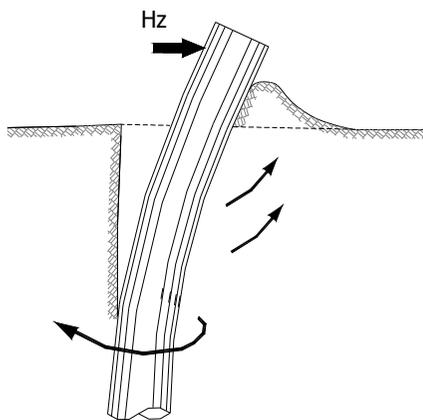


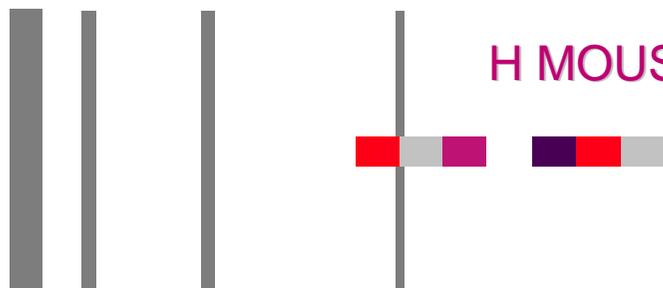


*Ingénierie SNCF*





## Présentation d'une recherche expérimentale sur le comportement d'un pieu isolé sous sollicitations horizontales de freinage de circulations ferroviaires



H MOUSSARD - IG Département des Ouvrages d'Art

## Les raisons de la recherche expérimentale

L'émergence de nouvelles exigences fonctionnelles pour les voies ferroviaires,  
en particulier lorsqu'elles sont en interaction avec des ouvrages d'art

*accroissement de la vitesse commerciale des circulations,  
pose de voie en longs rails soudés,*

...

et

La prépondérance des sollicitations de freinage/démarrage des circulations dans la  
conception et le dimensionnement des appuis et fondations des ponts-rails

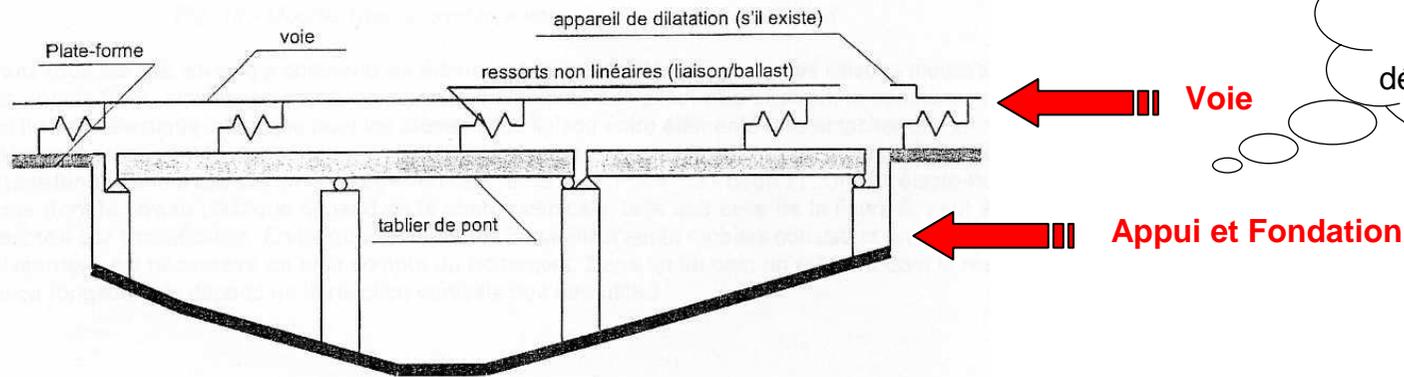
*critères d'aptitude en service des ponts-rails très restrictifs ...*

## Les objectifs de la recherche expérimentale

- Etudier expérimentalement le comportement d'un pieu isolé en vraie grandeur sous sollicitations transversales de (très) courte durée ... comparables à celles générées par le freinage de circulations ferroviaires sur les ponts-rails
- Etablir l'état des connaissances et des pratiques
- Apporter de nouvelles données expérimentales
- Confronter les données expérimentales aux pratiques réglementaires de calcul
- Evaluer la marge d'optimisation potentielle sur le calcul des fondations profondes d'ouvrages ferroviaires et formuler des propositions d'adaptations ou d'améliorations des règles techniques (ferroviaires) de conception et de calcul

## Recherche expérimentale sur le comportement d'un pieu isolé sous sollicitations horizontales de freinage de circulations ferroviaires

### Mécanique d'interaction entre la voie et l'ouvrage d'art



- Valeurs caractéristiques des sollicitations de freinage/démarrage des circulations  
De **20 à 33 kN/ml** de longueur d'ouvrage chargé selon le type de convoi ferroviaire  
*... dans la limite de 6000 à 1000 kN selon le type de convoi*

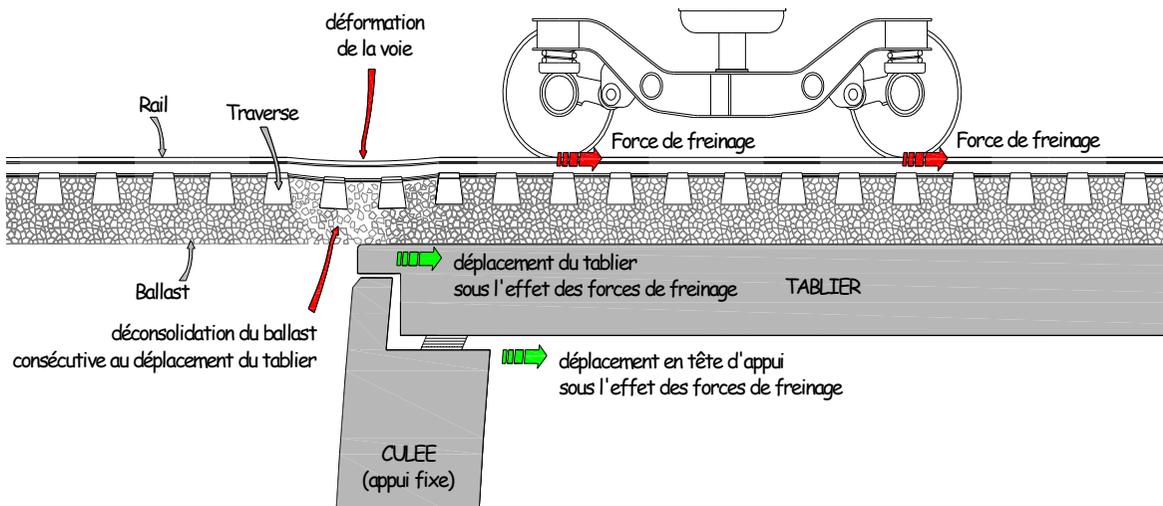
### Etats limites de service spécifiques aux ponts-rails

Déplacement longitudinal du tablier = **5 à 30 mm** selon la constitution de la voie (LRS)  
(voie continue ou 1 AD, et 2 AD) sous efforts de freinage/démarrage



# Recherche expérimentale sur le comportement d'un pieu isolé sous sollicitations horizontales de freinage de circulations ferroviaires

- Types d'endommagements pouvant affecter la voie ferroviaire portée ... et susceptibles de remettre en cause la sécurité des circulations



Rupture des rails



Flambement des rails  
par déconsolidation de la voie ballastée

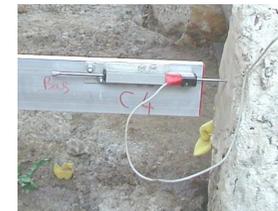
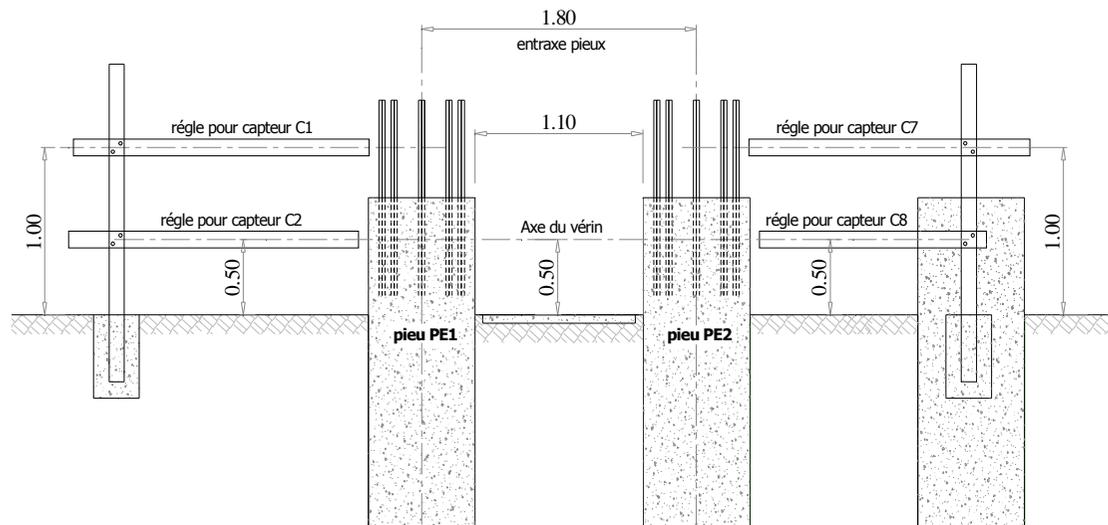
# Recherche expérimentale sur le comportement d'un pieu isolé sous sollicitations horizontales de freinage de circulations ferroviaires

## Le site expérimental

- Viaduc ferroviaire en cours de construction
- Pieux forés tubés en béton armé & 700 mm

## Consistance de l'instrumentation

- 8 capteurs potentiométriques
- 2 Inclinomètres
- 2 cales dynamométriques
- 1 vérin hydraulique à double effet

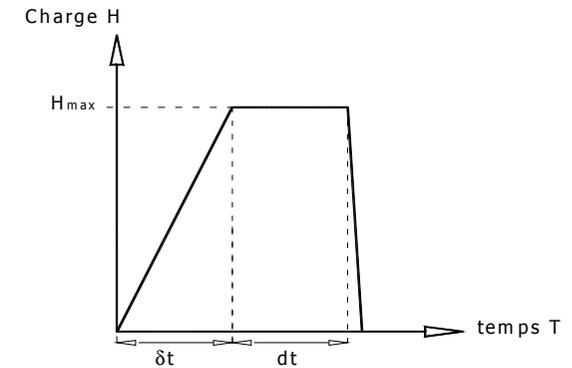


# Recherche expérimentale sur le comportement d'un pieu isolé sous sollicitations horizontales de freinage de circulations ferroviaires

## Les Protocoles de chargement

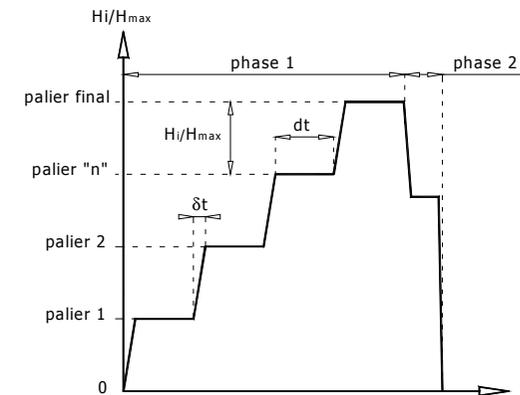
- 18 essais de **courte durée à mise en charge rapide**

- Charges maximales : 5, 10, 15 et 20 tonnes
- Temps de montée en charge : 1 à 10 minutes



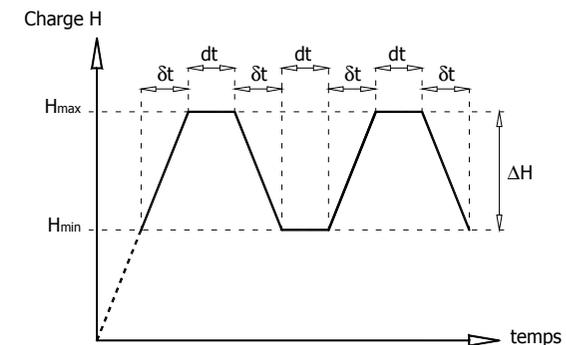
- 2 essais de **courte durée à mise en charge par paliers**

- Charge maximale : 20 tonnes
- Temps de montée en charge : 2 et 6 heures



- 2 essais de **chargement cyclique non alterné**

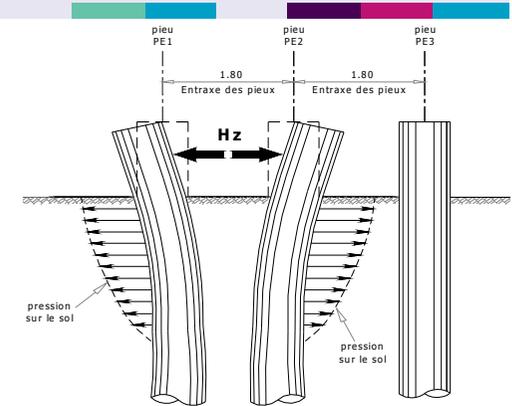
- 30 cycles [6,7-13,3 tonnes] (1 heure)
- 100 cycles [13,3-20 tonnes] (3,5 heures)



## Recherche expérimentale sur le comportement d'un pieu isolé sous sollicitations horizontales de freinage de circulations ferroviaires

### Constats et résultats expérimentaux principaux

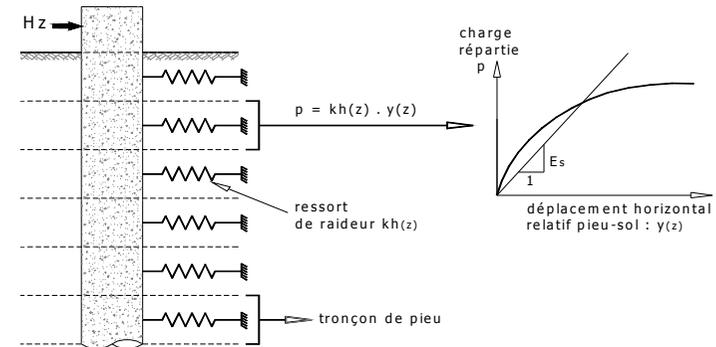
- Une **différence de comportement** entre les deux pieux d'essais ... et **écart sur les niveaux d'intensité** du chargement
- Pour tous les essais statiques de courte durée
  - l'accroissement **quasi-linéaire** des déplacements en fonction du chargement
  - l'influence de la vitesse de mise en charge dans la réponse du pieu
  - la légère tendance à l'augmentation des déplacements en fonction de la durée de montée en charge
- Pour les essais cycliques :
  - l'augmentation rapide des déplacements dès les premiers cycles
  - l'accommodation relative des pieux aux cycles de chargement
- A durée d'application comparable, l'effet d'une **charge horizontale statique de courte durée** est apparue **plus nocif** que celui d'une **charge cyclique**.



# Recherche expérimentale sur le comportement d'un pieu isolé sous sollicitations horizontales de freinage de circulations ferroviaires

## Confrontation des principaux résultats expérimentaux aux calculs prévisionnels

- ⇒ Modélisation du comportement du pieu suivant les règles de construction des courbes de réaction **F62-tV**
- ⇒ Domaine de mobilisation du sol < au fluage du sol (pf)



### □ Essais de courte durée à mise en charge rapide (< 1 minute)

Charge horizontale $H_z$	50 kN	100 kN	150 kN	200 kN
Déplacement horizontal en tête de pieu - valeurs expérimentales -	<b>1,34 mm</b> essai à 15 s (TCD1)	<b>2,42 mm</b> essai à 30 s (TCD2)	<b>3,92 mm</b> essai à 1 min (TCD5)	<b>5,14 mm</b> essai à 1 min (TCD10)
Déplacement horizontal en tête de pieu - valeurs calculées HADES -	<b>1,16 mm</b>	<b>2,32 mm</b>	<b>3,48 mm</b>	<b>4,63 mm</b>

Ecart < 15 %  
**Prévision satisfaisante**

### □ Essais de courte durée à mise en charge par paliers (tps = 2 à 7 heures)

Charge horizontale $H_z$	200 kN	
Déplacement horizontal en tête de pieu - valeurs expérimentales -	<b>5,96 mm</b> essai à 7 heures (CD1)	<b>6,24 mm</b> essai à 2 heures (CD2)
Déplacement horizontal en tête de pieu - valeurs calculées HADES -	<b>4,63 mm</b>	

Ecart = 35 %  
**Prévision non satisfaisante**

Prévision satisfaisante avec un module  $K_f / 1,5$

## Recherche expérimentale sur le comportement d'un pieu isolé sous sollicitations horizontales de freinage de circulations ferroviaires

### Conclusions ...

- Le nombre d'essais de chargement réalisés justifie la représentativité des résultats ... dans la limite toutefois ... des conditions expérimentales spécifiques du site
- Bonne concordance entre les résultats des calculs prévisionnels et ceux de l'expérimentation pour les essais de courte durée à mise en charge rapide (entre 15 et 60 secondes)

### ... et perspectives

- Développement de nouveaux projets de recherche
  - ✓ en vraie grandeur et/ou sur modèles réduits
  - ✓ multiplication des configurations d'essai : sites, types de pieu, chargement, ...
  - ✓ densification l'instrumentation
  - ✓ instrumentation d'ouvrages en grandeur réelle et en service

Recherche expérimentale sur le comportement d'un pieu isolé  
sous sollicitations horizontales de freinage de circulations ferroviaires

**Merci de votre attention ...**