

Granulats recyclés et comportement structurel du béton en lien avec l'EC2



Colloque RECYBETON
Bernard Fouré
Wilfried Pillard – EGF.BTP



09/03/2017





► Aspects structureaux : étude BA

► Comportement

- Poutres en flexion (IJL Nancy – Icube)
- Poteaux en compression (IJL Nancy – Icube)
- Adhérence, résistance à la traction (L2MGC)
- Fatigue par flexion (utilisation routière) (IFSTTAR)
- Effort tranchant (L2MGC)
- Fluage et retrait (LMDC – IFSTTAR)

► Lien avec l'EC2

- *Est-ce que le dimensionnement des structures en béton avec granulats recyclés nécessitent des dispositions particulières ?*



▶ Bétons testés pour les poteaux en compression et les poutres en flexion

- ▶ C25/30
- ▶ Gravillons : 0, 30 et 100 %
- ▶ Sables : 0, 30 et 100 %

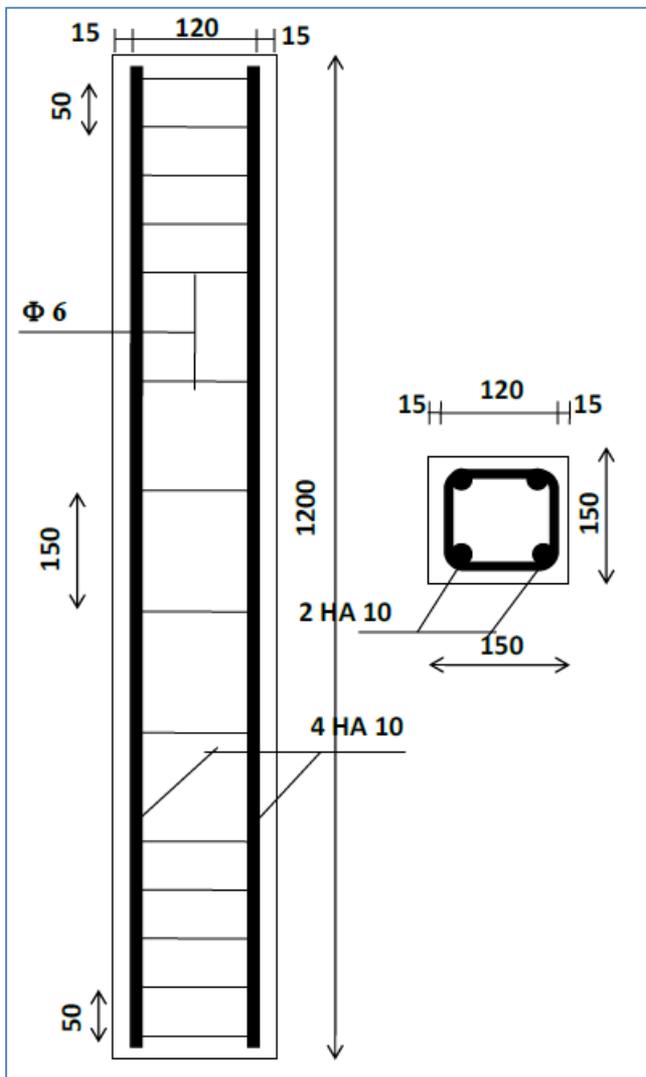
C25/30-0R-0R : témoin

C25/30-30R-30R

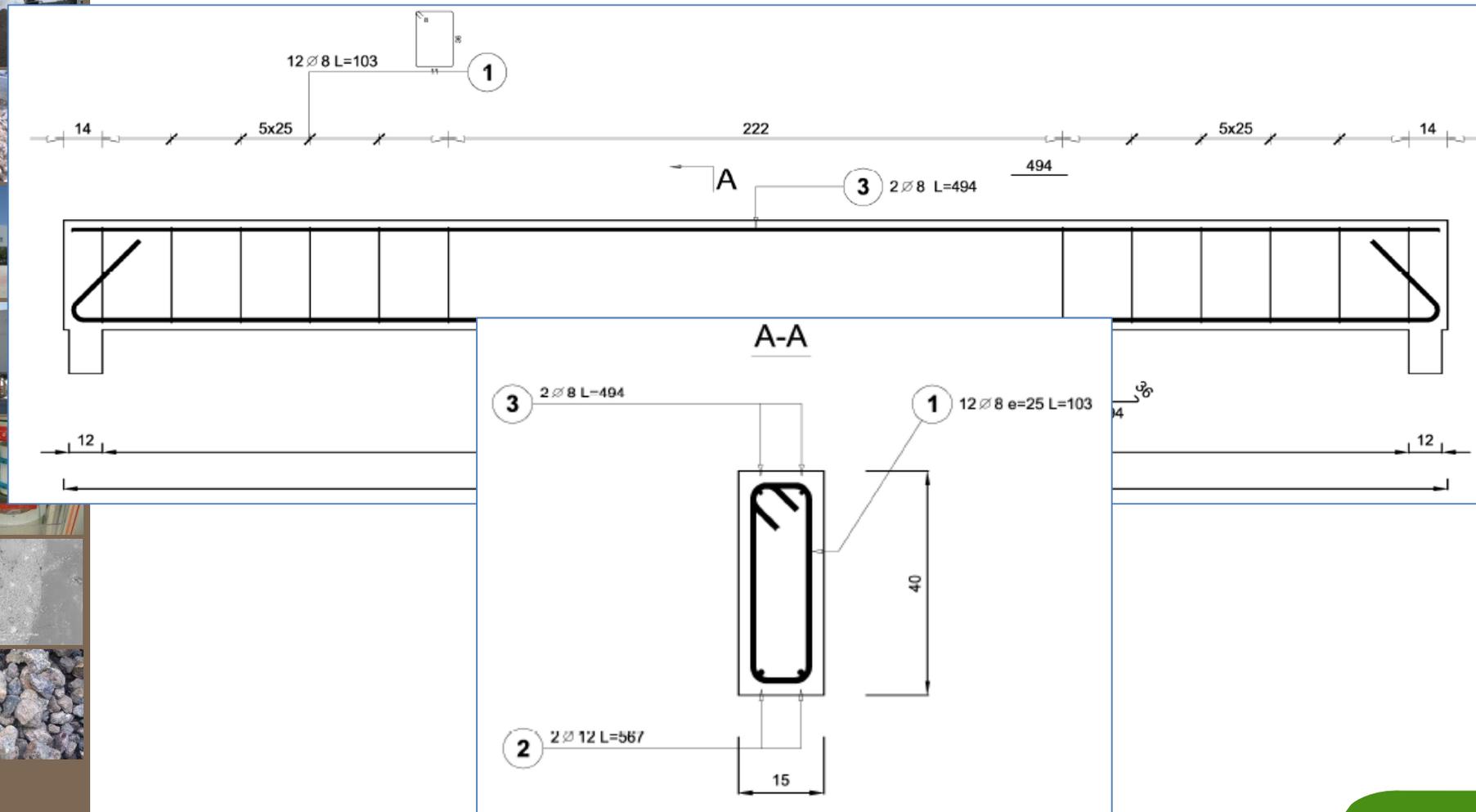
C25/30-0R-100R

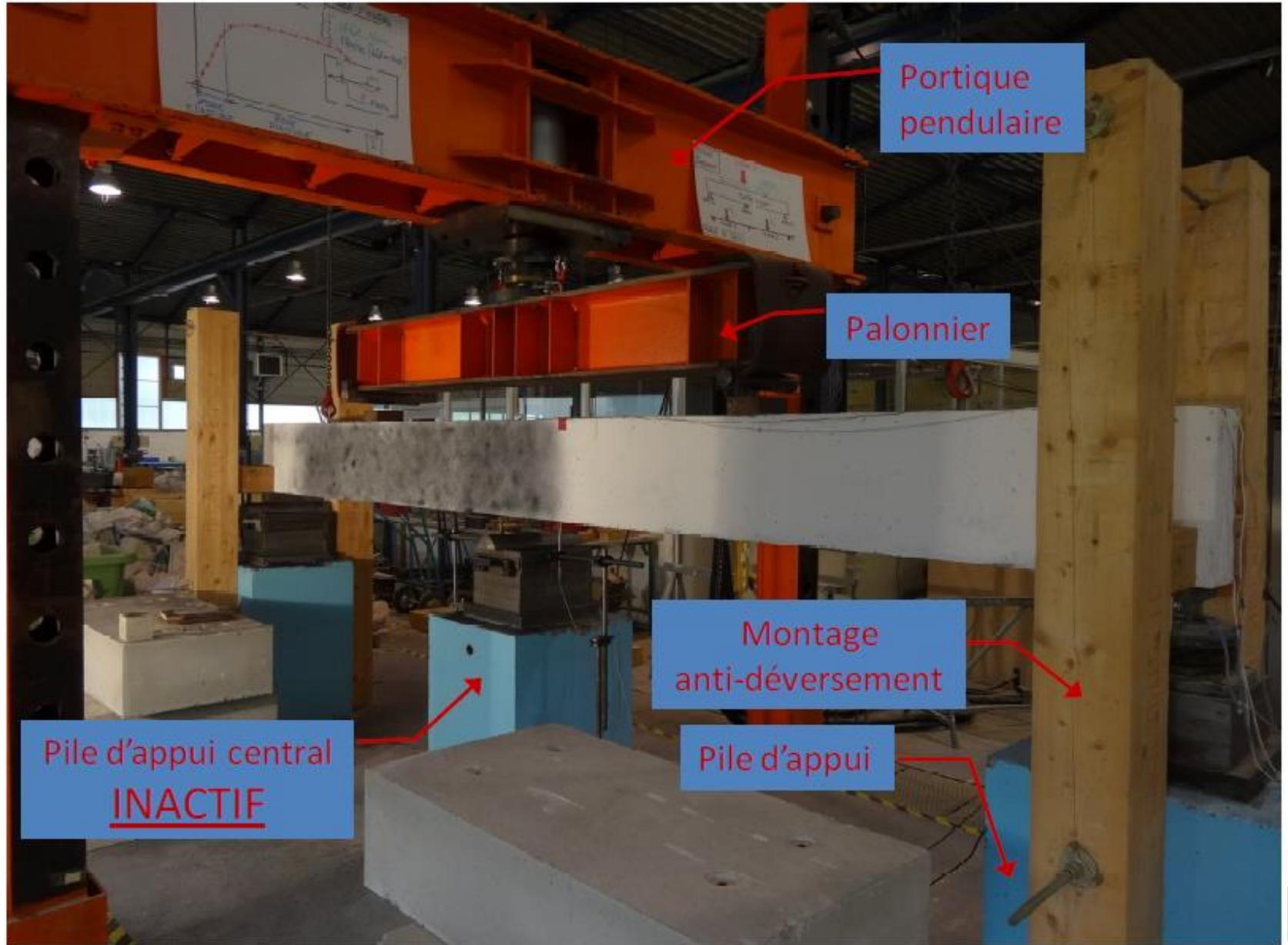
C25/30-100R-100R

► Procédure expérimentale poteaux en compression



► Procédure expérimentale **poutres en flexion**





A – Variabilité de la résistance en compression f_c

Moyenne \rightarrow Caractéristique : $f_{ck} = f_{cm} - 8 \text{ MPa}$

Calcul : $f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$

Le plus souvent $\gamma_c = 1,5$

Recyclés : $> 8 \text{ MPa}$ et/ou $\gamma_c > 1,5 ?$



B – Examen de diverses propriétés

Deux façons d’aborder les problèmes :

1 – Comparaison directe de la propriété P(R) et P(N).

Différence systématique ?

2 – Corrélation de la propriété avec f_c .

PR(f_c) dans la fourchette habituelle de PN(f_c) ?

B1 - Résistance à la traction f_{ct}

A f_c égale, $f_{ct}(R) < f_{ct}(N)$

Essais étrangers : tendance non confirmée.

Globalement, corrélation de f_{ct} avec f_c dans la fourchette habituelle.

Conclusion finale : *encore en discussion*





B2 – Module E_c

A f_c égale : $E_c(R) < E_c(N)$

Net et général.

Effet systématique

Pas question de fourchette.

Conséquences :

- Flèches de service plus grandes (ELS)
- Moment du second ordre plus grand (flambement des poteaux, ELU).



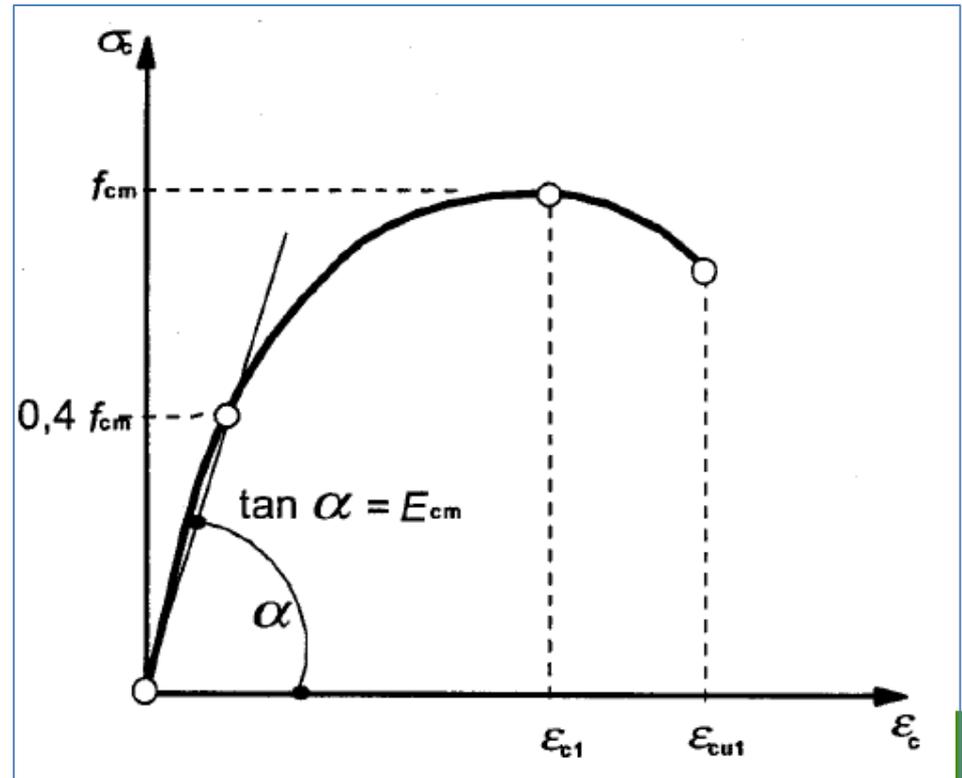
B3 - Courbe contrainte σ - déformation ε (compression)

A f_c égale :

- déformation de pic $\varepsilon_{c1}(R) > \varepsilon_{c1}(N)$;
- déformation ultime $\varepsilon_{cu1}(R) > \varepsilon_{cu1}(N)$.

Conséquences :

- Important pour les calculs de flambement.





B4.1 – Retrait et fluage

$$(R) > (N)$$

(en attente de l'article de synthèse sur les déformations différées)

Conséquences :

Effet des charges permanentes :

- ELS flèches ;
- ELU flambement.



B5 - ELU de flambement

Module plus petit et fluage plus grand

→ Moment du second ordre plus grand et charge ultime plus petite.

Questions :

- Limites d'élancement pour négliger le second ordre ?
- Valeurs de rigidité et courbure nominales ?
- Méthode de calcul générale : connaître la courbe $\sigma - \varepsilon$ → essais (délicats) ou formules ?



B6 - ELU d'effort tranchant

1 – Influence sur le terme **béton** V_{Rc}

$V_{Rc}(R)$ toujours (même à f_{ct} égal ?) $< V_{Rc}(N)$

Si $f_{ct}(R) < f_{ct}(N)$: $V_{Rc}(R) / V_{Rc}(N)$ peut atteindre $[f_{ct}(R) / f_{ct}(N)]^2$

Conclusion dépendra en partie de celle sur f_{ct}

2 – Terme **armatures transversales** V_{Rs}

Fonctionnement en treillis non modifié pour les recyclés, sauf éventuellement :

- l'angle limite θ_{lim} des bielles comprimées
- leur résistance $v_1 f_c$, via le terme $V_{R,max}$.



B7 - ELS ouverture de fissures et flèches

Fissures : peu d'effet des recyclés (rapport adhérence / traction inchangé ou peu modifié)

Flèches : calcul classique avec bonnes valeurs du module E_c et du coefficient de fluage ϕ .

Mais rappel : flèche(R) > flèche(N).
Cas de dispense du calcul : à revoir.



B8 - Adhérence (ancrages et recouvrements)

Peu de différence entre R et N.