



Description des essais et instrumentation

*Louis Demilecamps
Hervé Lançon*



Ministère
de l'Écologie,
du Développement
durable
et de l'Énergie

1/10/2015



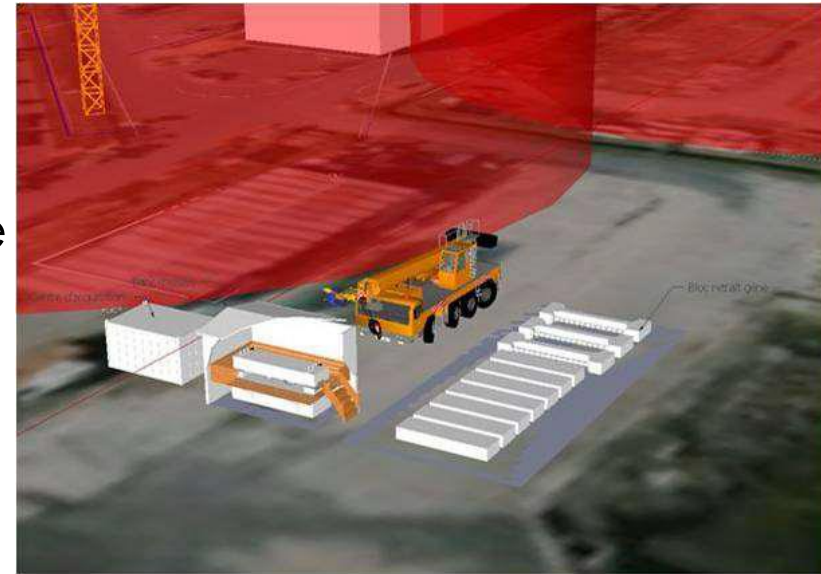
- ▶ Tests de flexion sur blocs parallélépipédiques (RL)
''Echelle 1 ''
 - Retrait libre + cycle de flexion
- ▶ Tests en retrait gêné puis flexion sur poutre-tirants de grandes dimensions (RG)
 - Retrait gêné + test de flexion

réalisés en 2009-2010 par une équipe aux compétences multiples dans les installation de Vinci

- ▶ Tests ''Echelle 1/3'' : similaires au programme 1.1 (RL 1/3)
 - Réalisés en 2011 par le CEBTP
- ▶ Voiles''Echelle 1/3'' : tests en cisaillement statique ou alterné
 - Réalisés en 2010 par le CSTB
- ▶ 4. Tirants en traction pure
 - Réalisés en 2013 par le CEBTP

► Organisation générale:

- Conception-fabrication d'un banc d'essais spécifique
- Fabrication de 7 corps d'épreuve parallélépipédiques : $6.1\text{m} \times 1.60\text{m} \times 0.80\text{m}$ (7.8m^3) pour les tests en retrait libre
- Fabrication de 3 corps d'épreuve en I : $7.7\text{m} \times 0.50\text{m} \times 0.80\text{m}$ (5.5m^3) pour les tests en retrait gêné



- Coulage et maturation (28 jours) des blocs
- Installation et fixation sur le banc-dalle d'essai
- Flexion 4 points jusqu'à fissuration (chargement vertical ascendant par deux rangées de vérins)

► Retrait Libre RL (grands blocs : 6,10x1,6x0,8)

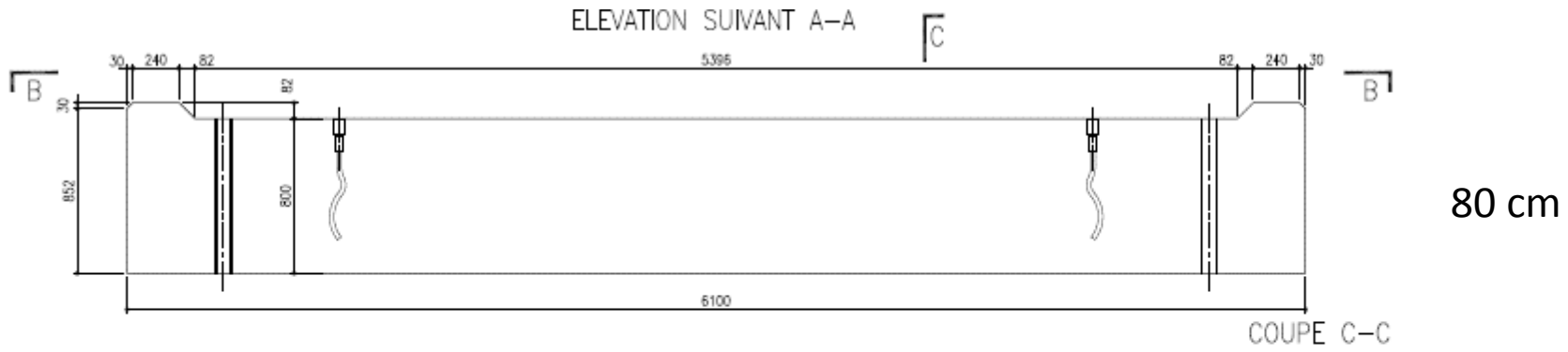
- RL1: bloc de référence : béton de référence, ferrailage de référence (pourcentage et diamètre)
- RL2: béton de référence, pourcentage d'armatures réduit, même diamètre
- RL3: béton de référence, même pourcentage d'armatures, réduction du diamètre
- RL4: béton de référence, modification des dispositions de ferrailage (deux enrobages : 3 et 7cm)
- RL5: Ferrailage de référence, changement de béton (/résistance en traction)
- RL6: Etude de la variabilité entre blocs identiques => 2ème exemplaire du bloc de référence
- RL7: Bloc de reference avec des défauts locaux provoqués (tubes PVC par exemple)

Benchmark Concrack

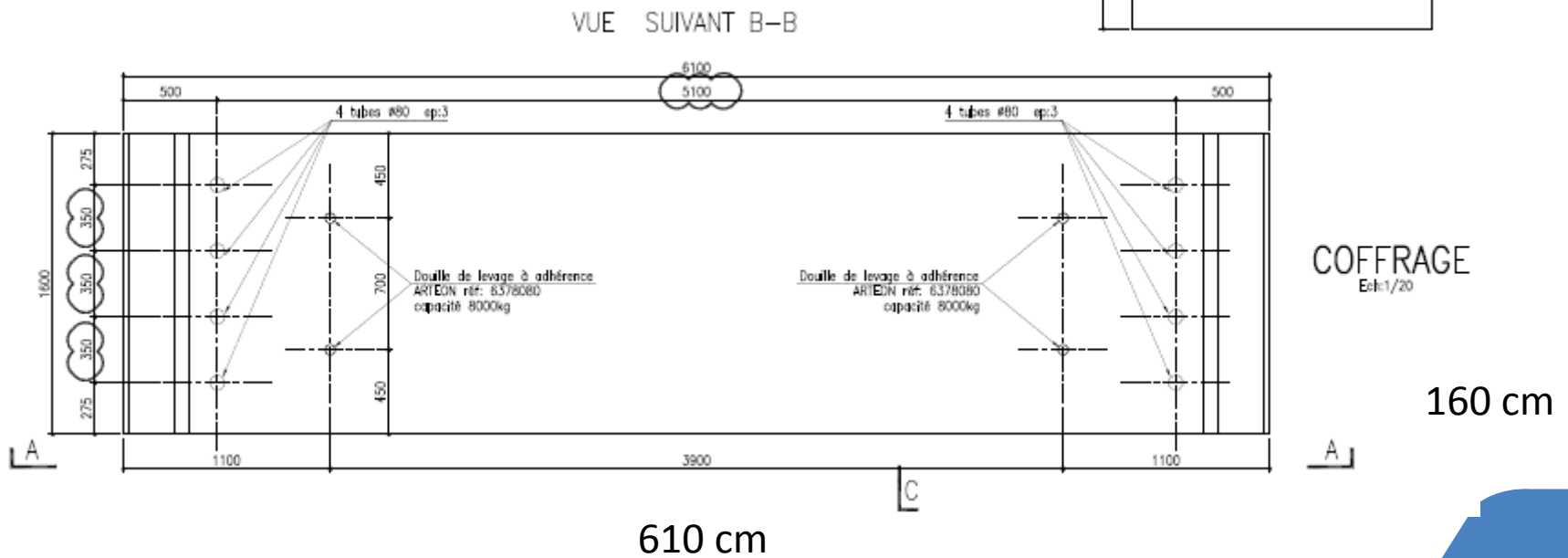
► Retrait gêné RG (dimension du tirant "réduites" ~6.10x0.80x0.50)

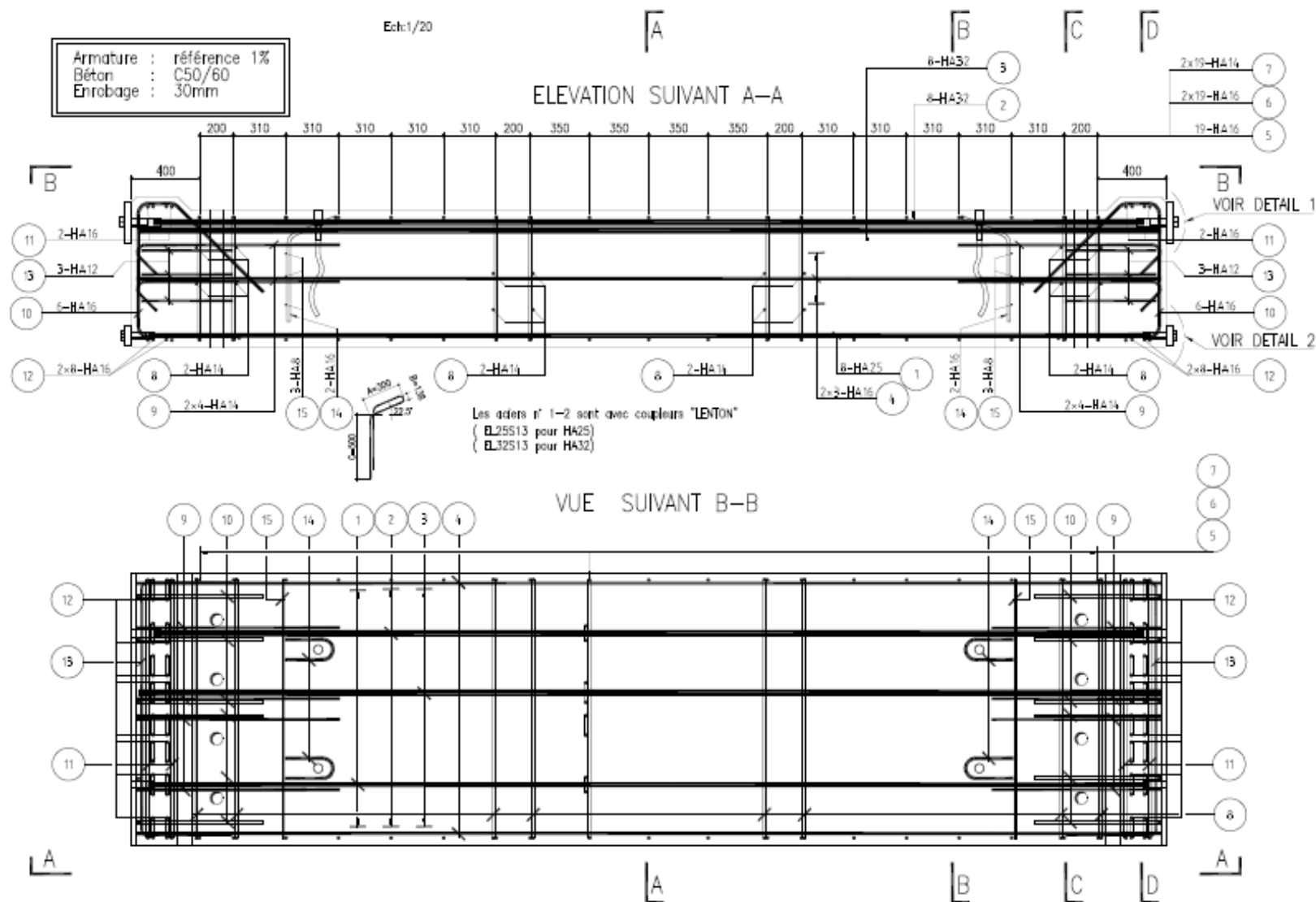
- RG8: même caractéristiques que RL1
- RG9: béton de référence, ferrailage minimum
- RG10: béton de reference, ferrailage renforcé

► = Benchmark



☺ = cotes impératives $\pm 1\text{mm}$







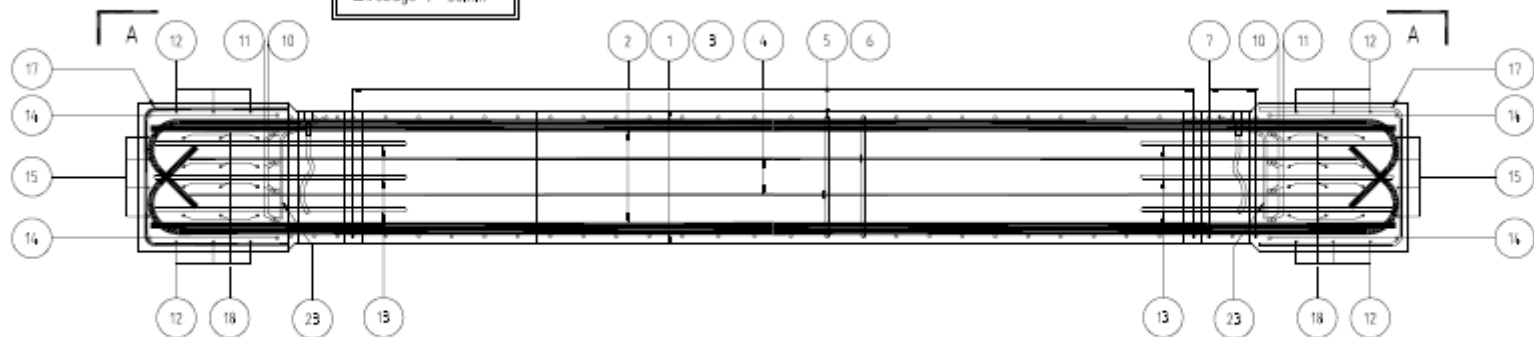




Ech: 1/25

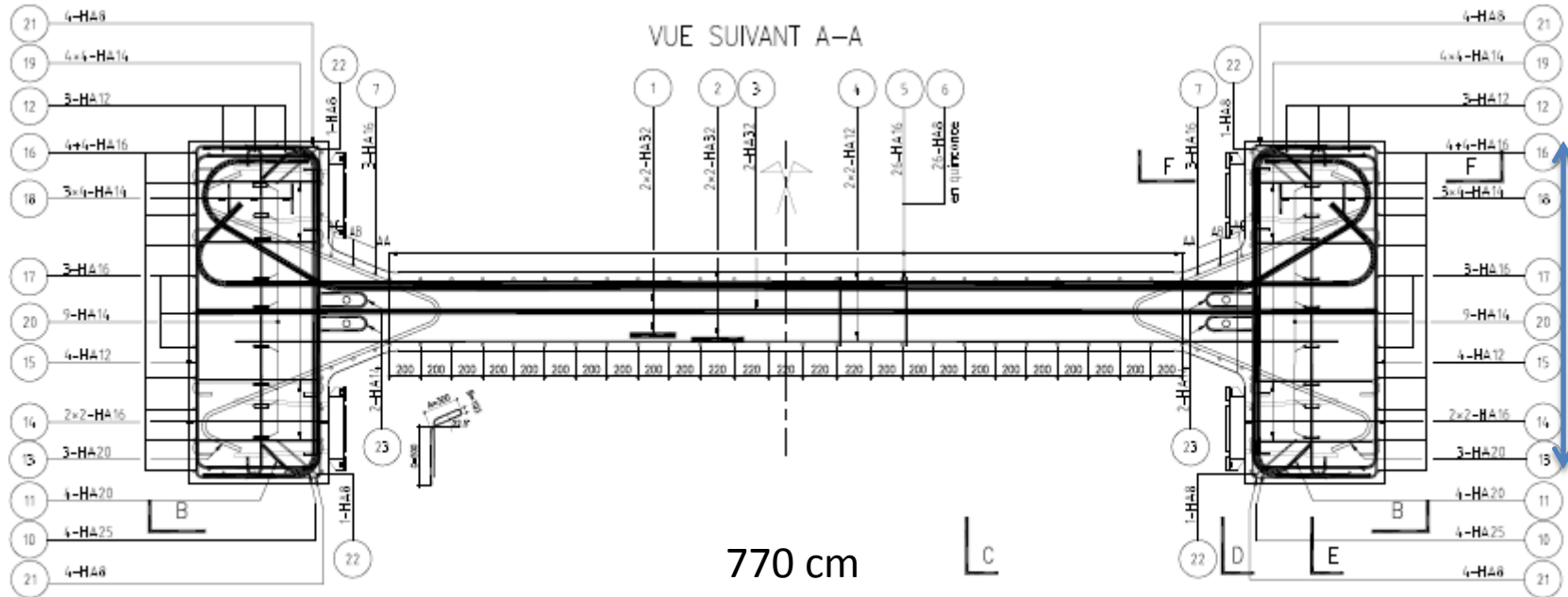
Béton : C50/60
Enrobage : 30mm

VUE SUIVANT B-B



80 cm

VUE SUIVANT A-A



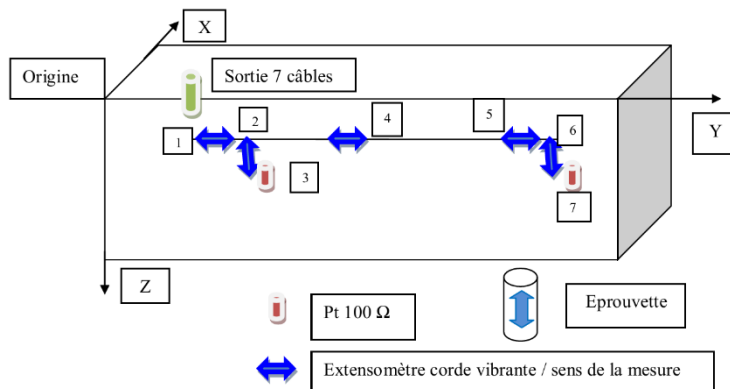


Corps d'épreuve
(RG): déplacement du
poste de fabrication
vers le banc de test en
flexion

► Zoom Métrologie conditions d'ambiance



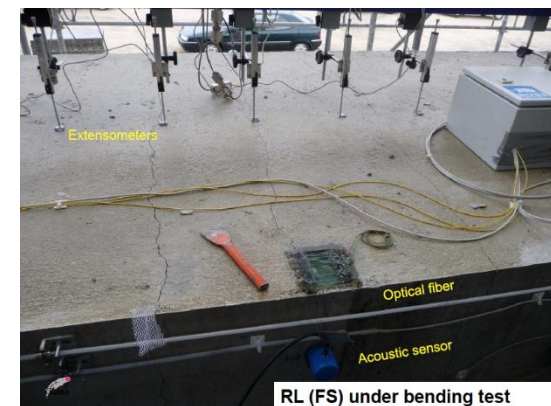
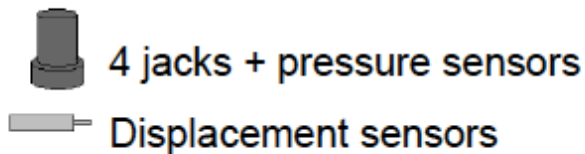
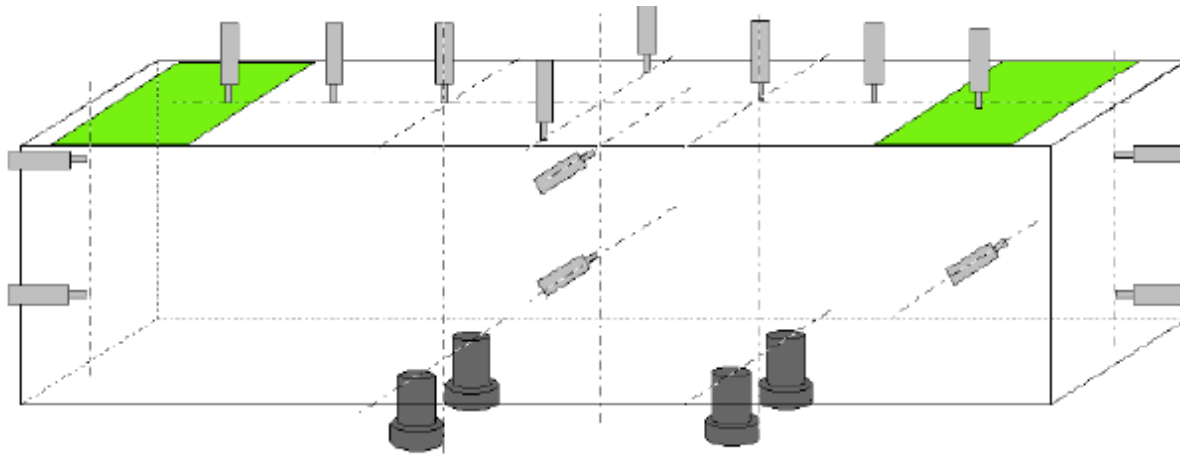
Station météorologique	
Baromètre	1
Capteur d'humidité	1
Ensoleillement	2
Anémomètre/Girouette avec mat de 3 mètre	1
Sonde de température Pt 100	1
Centrale de mesures	1



Fonctionnement du bâti d'essai

Capteurs zone d'essais	
Capteurs dans la fondation "extensomètres à corde vibrante"	6
Sondes de température Pt 100 fondation structure et air	5
Inclinomètres de surface bi-directions avec capot de protection	2
Extensomètres à corde vibrante sur butons	6

► *Zoom Métrologie* : instrumentation des essais



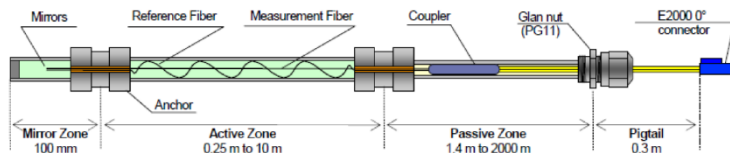
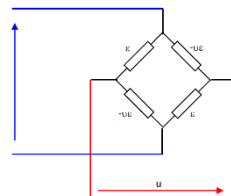
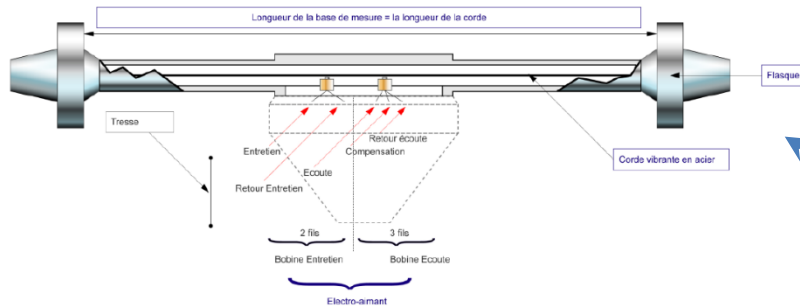
► Zoom Métrologie : instrumentation des blocs

Bloc	RL1	RL2	RL3	RL4	RL5	RL6	RL7	RG8	RG8bis	RG9	RG10	Total général
Capteur de déplacement sur bati d'essai	15	15	15	15	13	13	13	13	13	13	13	151
Force calculée à partir de la pression vérins sur bati d'essai	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20
Extensomètre à corde vibrante et sa température associée - noyé et témoin	18	18	18	18	18	16	17	22	23	23	23	214
Jauge de déformation et sa température associée sur armatures et témoin	7	7		7				6	7	7		41
Sonde de température	9	8	9	9	9	9	6	9	8	8	9	93
Extensomètre base longue à Fibre Optique - noyé	5	3	3					3	3	3		20
Extensomètre base longue à Fibre Optique - en parement	6	6	6	4	5	6	6	3	3	3	3	51
Total général	62	59	53	55	47	46	44	56	59	59	50	590

Avec températures associées aux capteurs : **845**



► **Zoom Métrologie** : Mesures des déformations par extensomètres

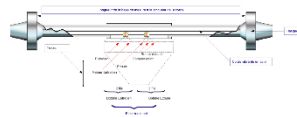


	Total général
Extensomètre à corde vibrante et sa température associée - noyé et témoin	214
Jauge de déformation et sa température associée sur armatures et témoin	41
Extensomètre base longue à Fibre Optique - noyé	20
Extensomètre base longue à Fibre Optique - en parement	51
Total général	326
	581

► **Nécessaire prise en compte des conditions de température**

► **Zoom Métrologie** : Mesures des déformations par extensomètres

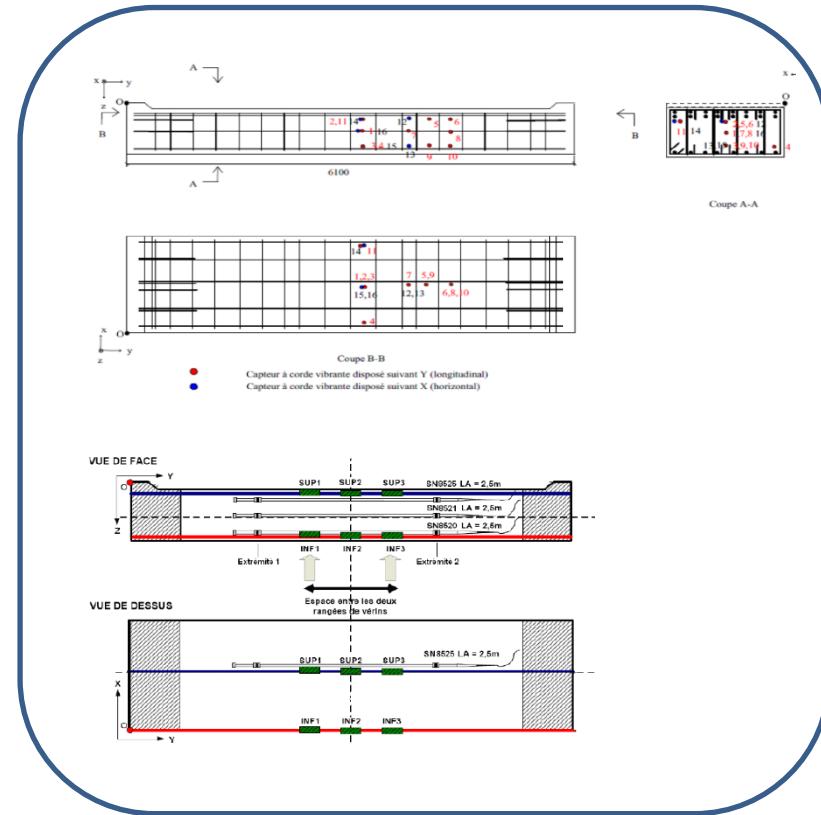
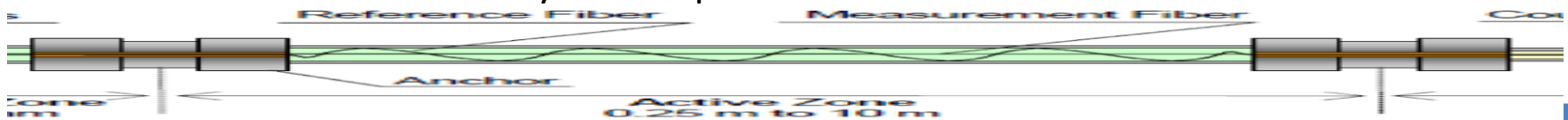
110 à 280 mm (butons)



20 mm



6000 mm noyé ou en parement



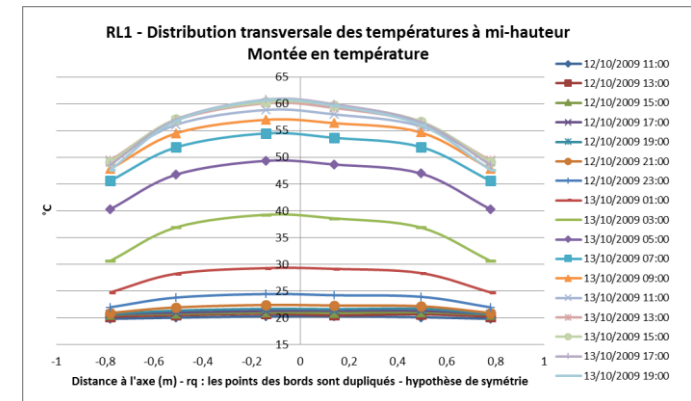
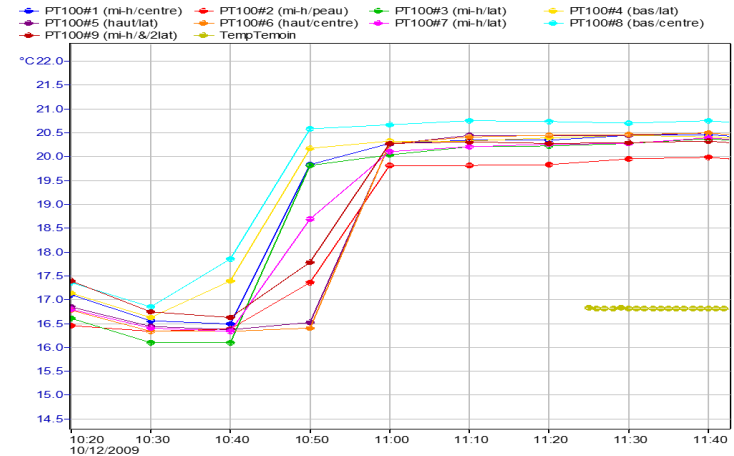
► Zoom Métrologie : Température



Photographie d'une sonde Pt 100

	Total général
Extensomètre à corde vibrante et sa température associée - noyé et témoin	214
Jauge de déformation et sa température associée sur armatures et témoin	41
Sonde de température	93
Total général	348

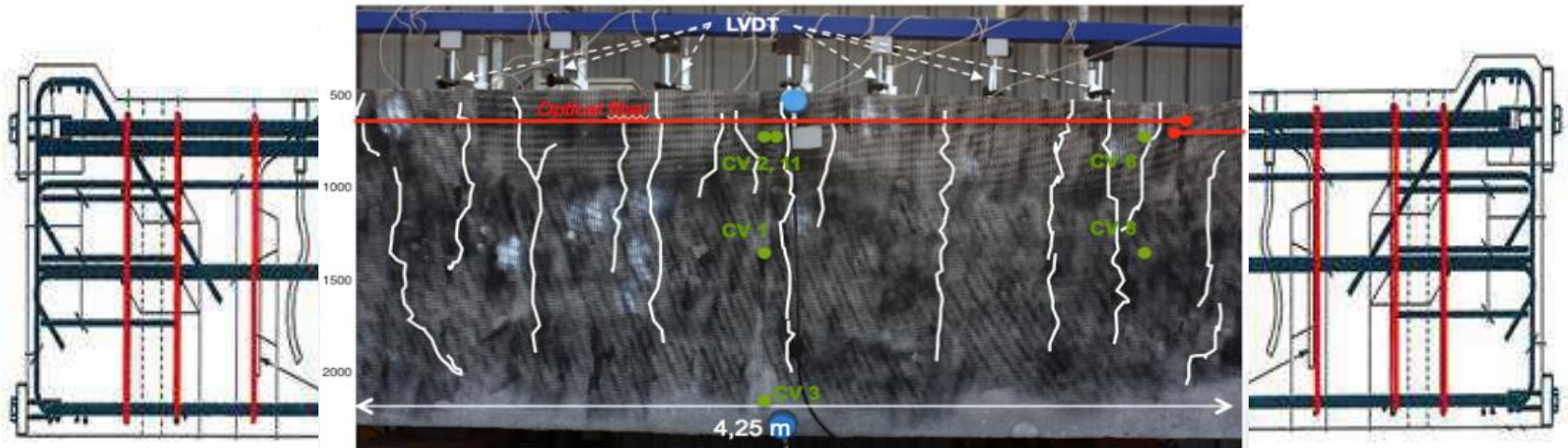
- Sondes PT 100 pour comportement thermique ($0,3^{\circ}\text{C}$)
- Résistances bobine et thermistances pour conditionnement des mesures CV et jauges résistives



► Instrumentation et contrôle des essais



► Fusion des données



- ✓ Utilisation des capteurs noyés et capteurs en surface (Pt100, Extensomètres à cordes vibrantes, Fibres optiques)
- ✓ Mesures locales et fibres optiques base longue
- ✓ Mesure de déplacement (LVDT)
- ✓ Corrélation d'images pour la détection de la fissuration des zones d'intérêt
- ✓ Détection acoustique : Advitam, ISTERRE (Locadiff®)

► Programme de Caractérisation du béton

- Test calorimétrique sur ciments par bouteille de Longavant
- Test QAB sur bétons
- Module de Young et coefficient de Poisson, résistance à la compression au jeune âge (6 échéances pour permettre un suivi maturométrique)
- Résistance à la traction (aux mêmes âges)
- Energie de fracturation
- Retrait endogène
- Retrait de séchage
- Mesure de la perte en poids sur éprouvette 16*32 en conditions de laboratoire (50% HR)
- Mesure de fluage au jeune âge en compression et en traction
- Test à l'anneau en conditions endogènes
- Coefficient de dilatation thermique
- Capacité calorifique du béton, des agrégats et de la pâte

► Planning du Programme d'essai:

■ Blocs RL :

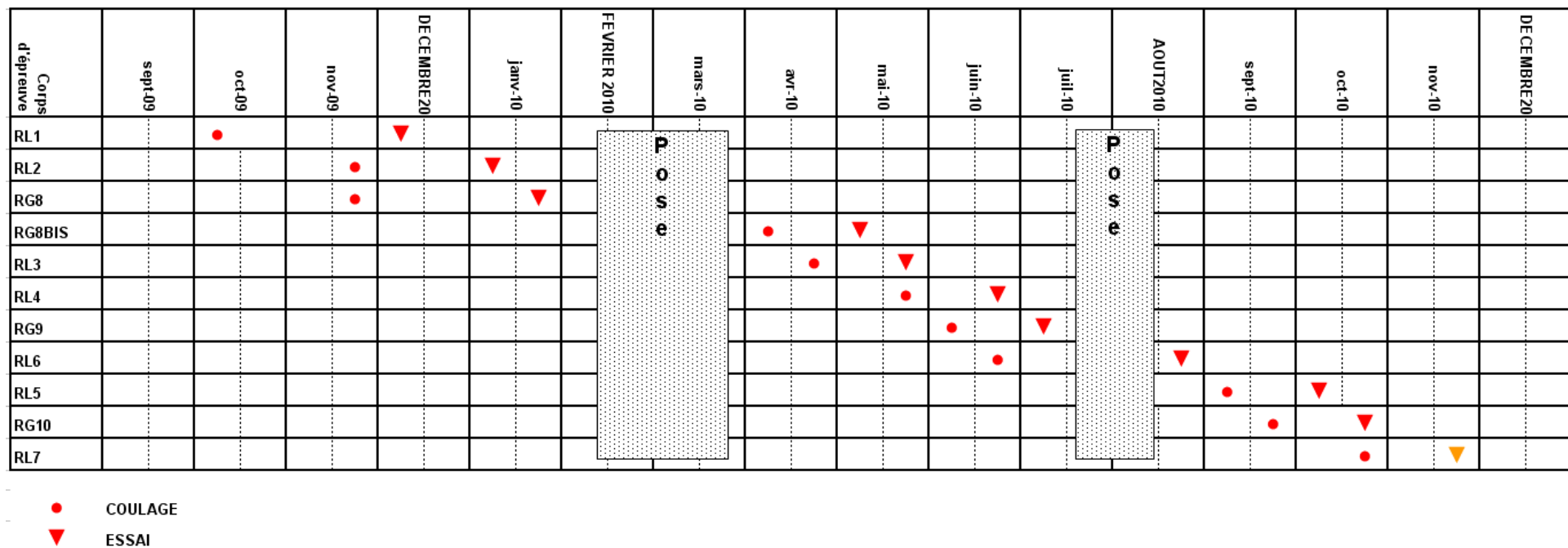
- Bétonnage
- 2-3 jours prise-durcissement.
- 1 à 3 mois de maturation en conditions ambiantes
- Transfert sur le banc d'essai et fixation
- Chargement par paliers (flexion), jusqu'à la charge de service ou au-delà

■ Blocs RG :

- Bétonnage (boutons métalliques en position)
- 2-3 jours prise-durcissement (« isolation » thermique)
- 1 mois de maturation en conditions ambiantes
- Transfert sur le banc d'essai et fixation
- Chargement par paliers (flexion), jusqu'à la charge de service ou au-delà

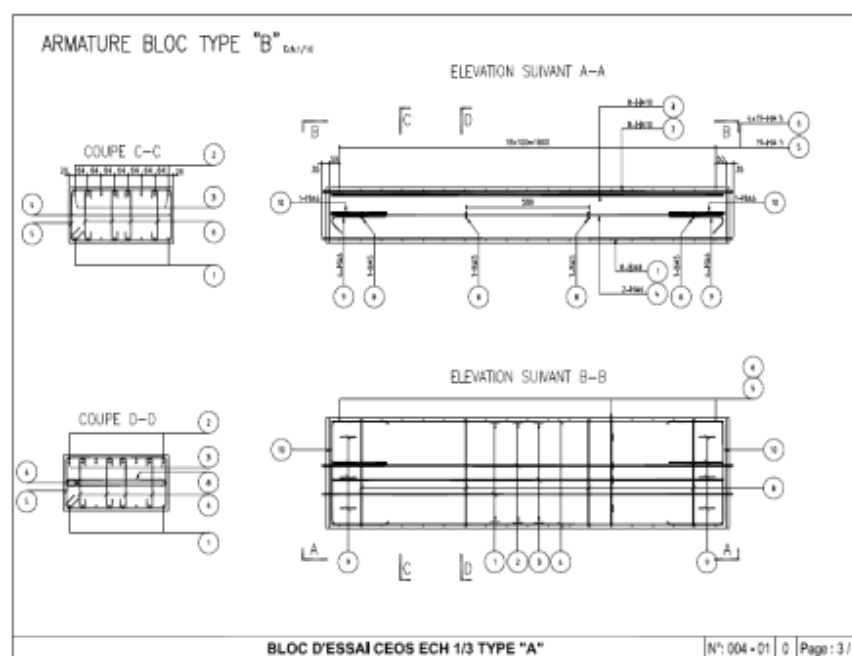
■ Mesures des efforts et observation-relevé des fissures

► Planning du Programme d'essais



Corps d'essai	Nombres	Type de béton	Diamètre max Granulat	Armatures Sup	Armatures Inf	Cadres	Espacement	Enrobage
A	1	C50	20 mm	16HA10	8HA8	HA5	10cm	15 mm
B (Bloc de référence)	3	C50*	8 mm	16HA10	8HA8	HA5	10cm	15 mm
C	1	C50*	8 mm	8HA14	8HA8	HA5	10cm	15 mm
D	1	C50*	8 mm	16HA10	8HA8	HA6	14,4cm	15 mm

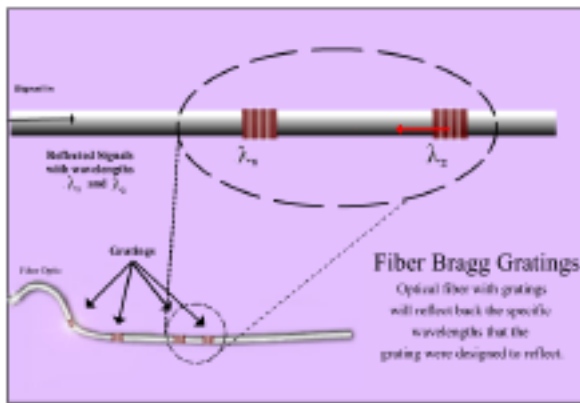
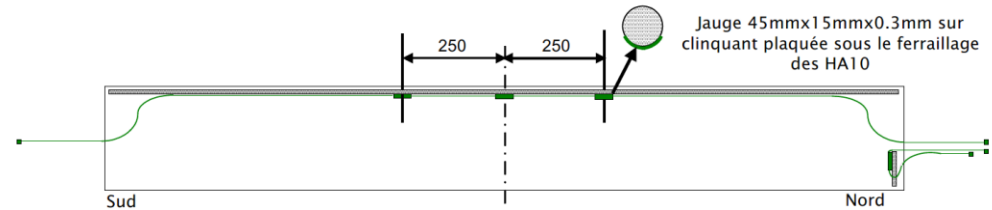
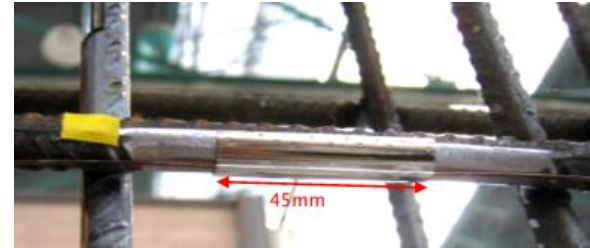
C50* : micro-béton C50





► **Zoom Métrologie :** Jauges déformations à réseau de Bragg

- Les capteurs mesurent la déformation des armatures sur lesquelles ils sont soudés
- Plusieurs capteurs sur un même câble optique (intrusivité des câbles réduite)



Cœur béton	Jauge de déformation Bragg	Capteurs de température Bragg	ECV	PT100	Quantité de mesures par bloc
Fourniture	SITES	SITES	RINCENT	RINCENT	
Installation	SITES	SITES	RINCENT	RINCENT	
Acquisition	SITES		RINCENT		
Bloc A	4	1	1	2	34 048
Bloc B1	4	1	4	2	38 788
Bloc B2	4	1	4	2	34 437
Bloc C	4	1	4	2	34 503
Bloc D1	4	1	4	2	37 684
Bloc D2	4	1	4	2	32 323
Total capteurs	24	6	21	12	211 783
Total voies de mesures	24	6	21	12	
Total voies de mesures				63	

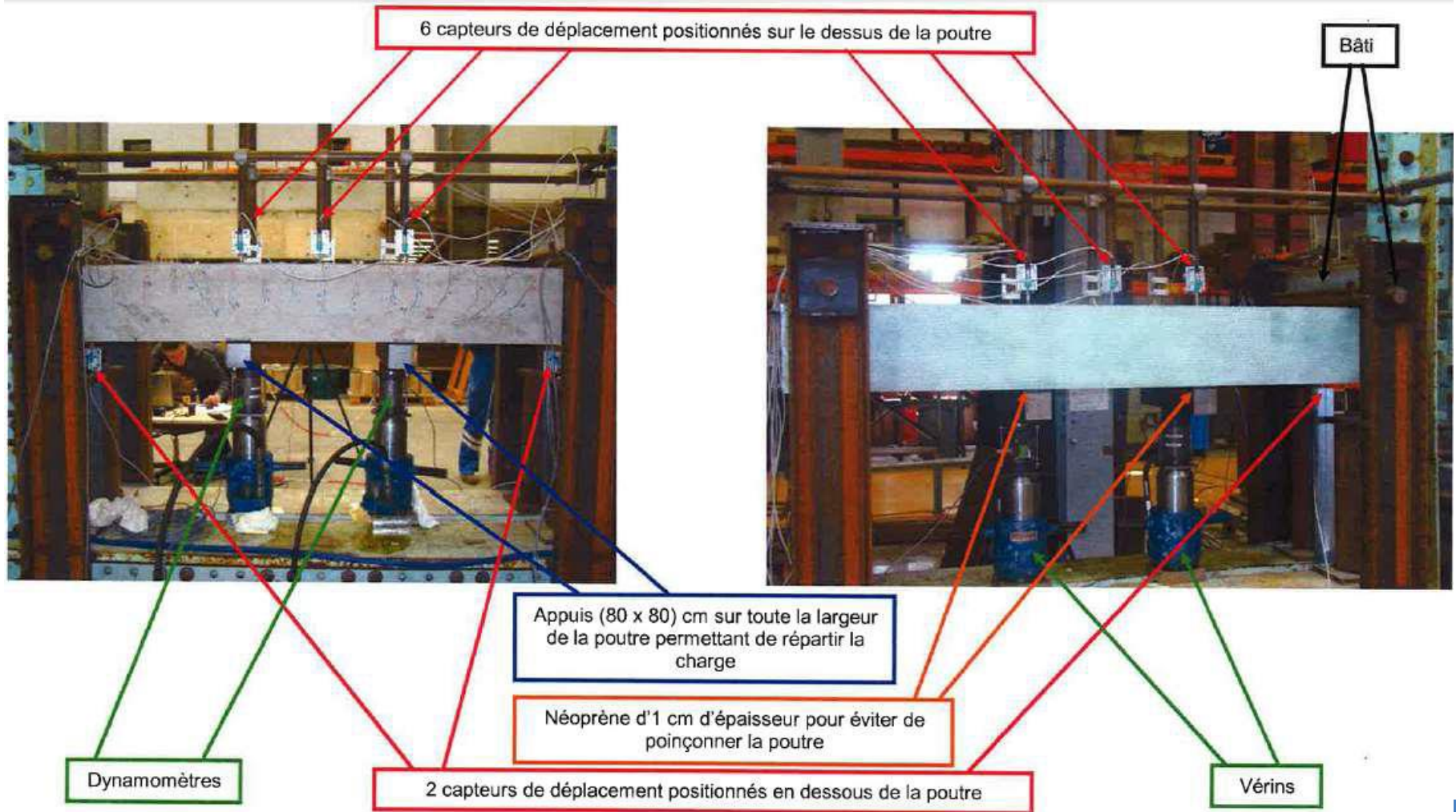
Quantité de capteurs et voies de mesure à cœur béton des blocs 1/3

► **Zoom Métrologie** : Compléments d'instrumentation en surface

Parement	Jauge de déformation béton	Capteurs de déplacement	Cale dynamométrique	Quantité de mesures par bloc
Fourniture	RINCENT	CEBTP	CEBTP	
Installation	RINCENT	CEBTP	CEBTP	
Acquisition	RINCENT	CEBTP		
Bloc A	3	8	2	57 853
Bloc B1	3	8	2	72 851
Bloc B2	3	8	2	56 656
Bloc C	3	8	2	58 484
Bloc D1	3	8	2	64 893
Bloc D2	3	8	2	56 307
Total capteurs	18	18	12	367 044
Total voies de mesures	18	18	12	
Total voies de mesures			48	

Quantité de capteurs et voies de mesure parement et bâti blocs 1/3

► Installation pour les essais 1/3 (CEBTP)



► Les objectifs de CEOS.fr :

- Etude de la fissuration d'une voile en béton armé sous chargement cyclique (ou plutôt alterné)
- Détermination de la fissuration pendant et après un tremblement de Terre
- Paramètres attendus : évolution des fissures, ouvertures et espacements.
- Objet du programme expérimental :
 - Produire des données de référence pour la modélisation du comportement d'une structure soumise à des chargements cycliques.
 - Susceptibles d'être intégrées aux données existantes et permettant d'établir et/ou vérifier les formules de fissuration

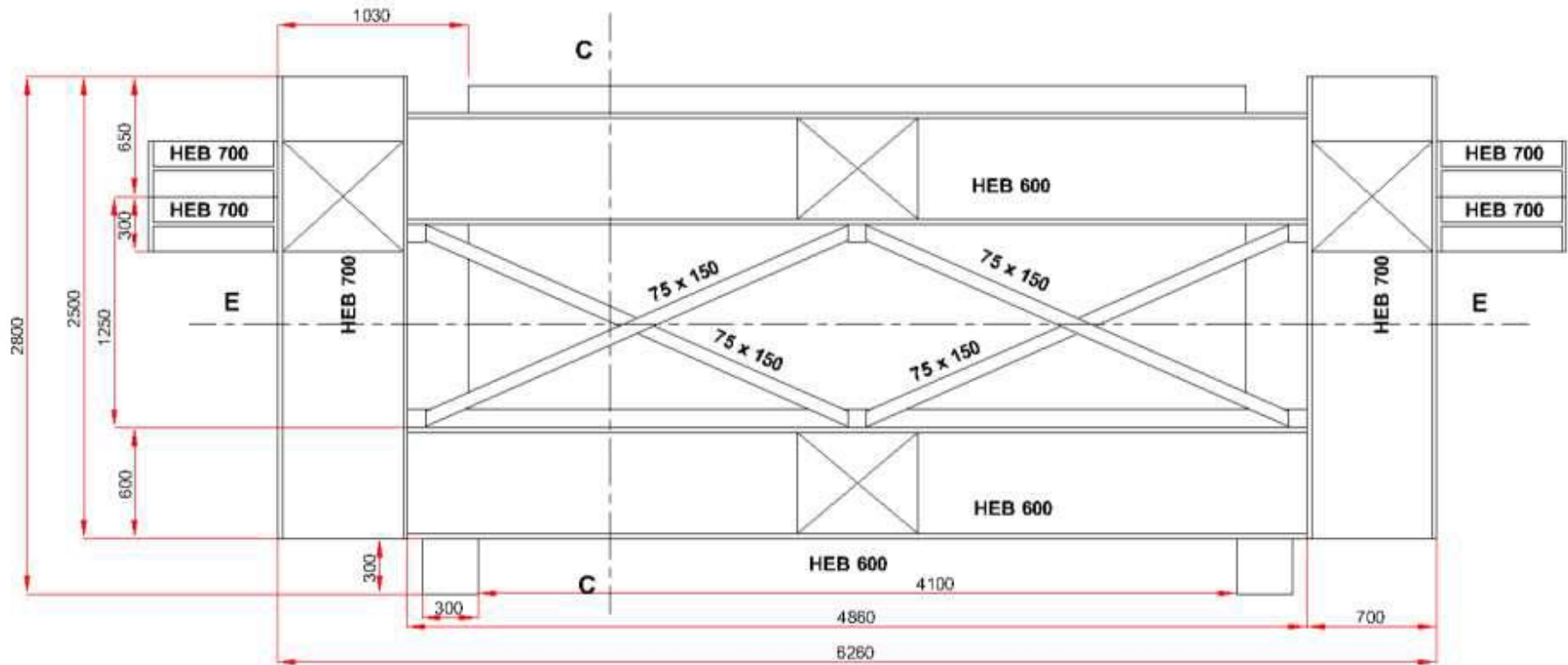
Réalisation d'une voile à l'échelle 1/3 qui respecte les contraintes de tests et les capacités des vérins (4MN)

- ✓ Voile : Epaisseur 0,15 m x Hauteur 1,05 m x Longueur 4,2 m (ratio = 1/4)
- ✓ Représentant une structure «vraie» de dimensions:
0,45 m x 3,15 m x 12,6 m

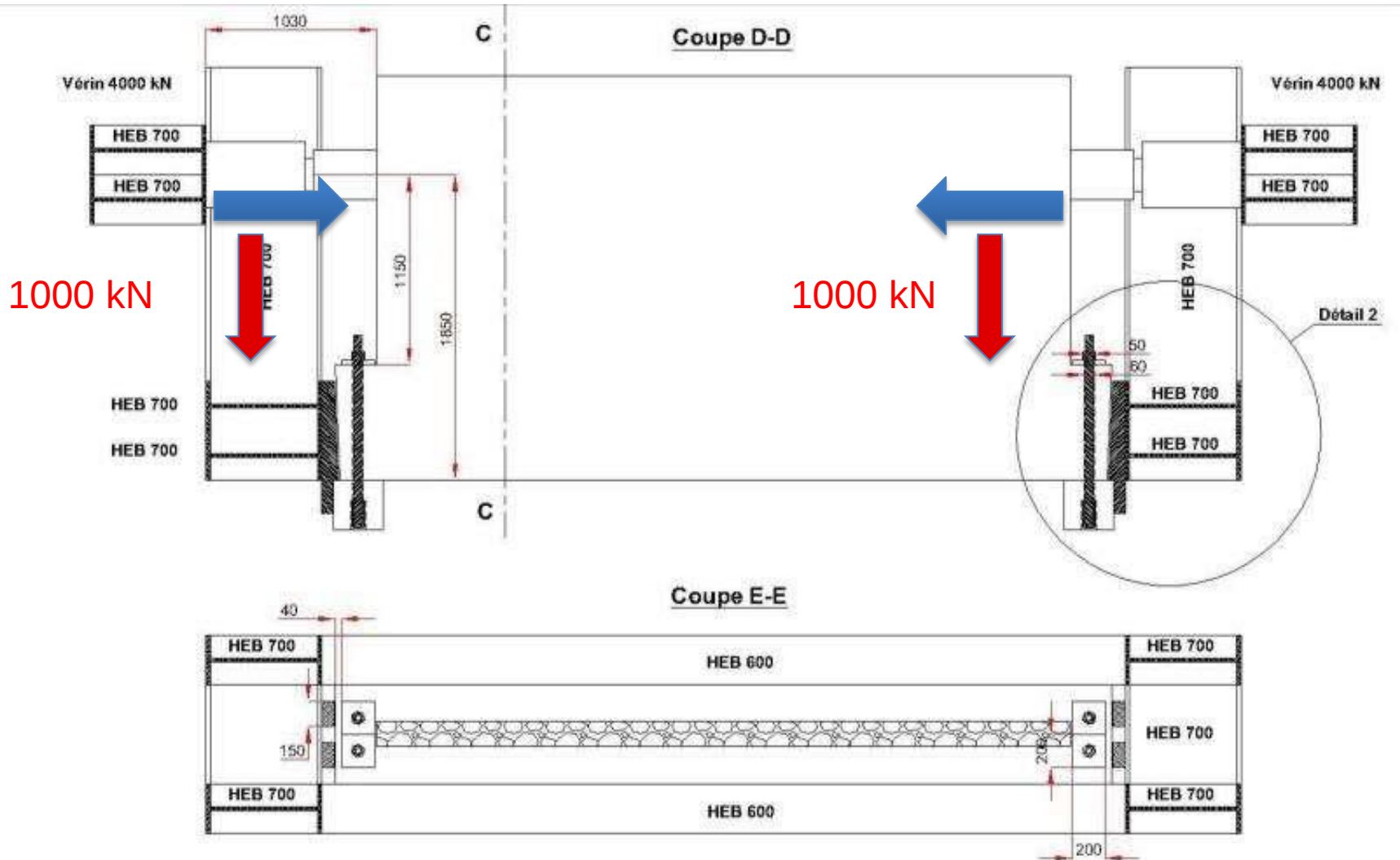
► Caractéristiques des Voiles testés

	Non Alternate Loading (reference)	Alternate Loading (reference)	Alternate Loading Modified parameter: <u>Concrete</u>	Alternate Loading Modified parameter: <u>Steel reinforcement</u>
Concrete	C40	C40	C25	C40
Cracking maximum load (MN)	1,47	1,47	1,09	1,47
Steel Reinforcement	φ10@10	φ10@10	φ10@10	φ8@8
$\rho_{s,eff}$	0,0105	0,0105	0,0105	0,0084
σ_{sr} Mpa	350,5	350,5	260,4	434,9
Maximum load (MN)	3,30	3,30	3,30	2,64
w_k (V) (mm)	0,38	0,49	0,54	0,46
s_{rm} (mm)	176	176	176	177

Configuration du bâti d'essais



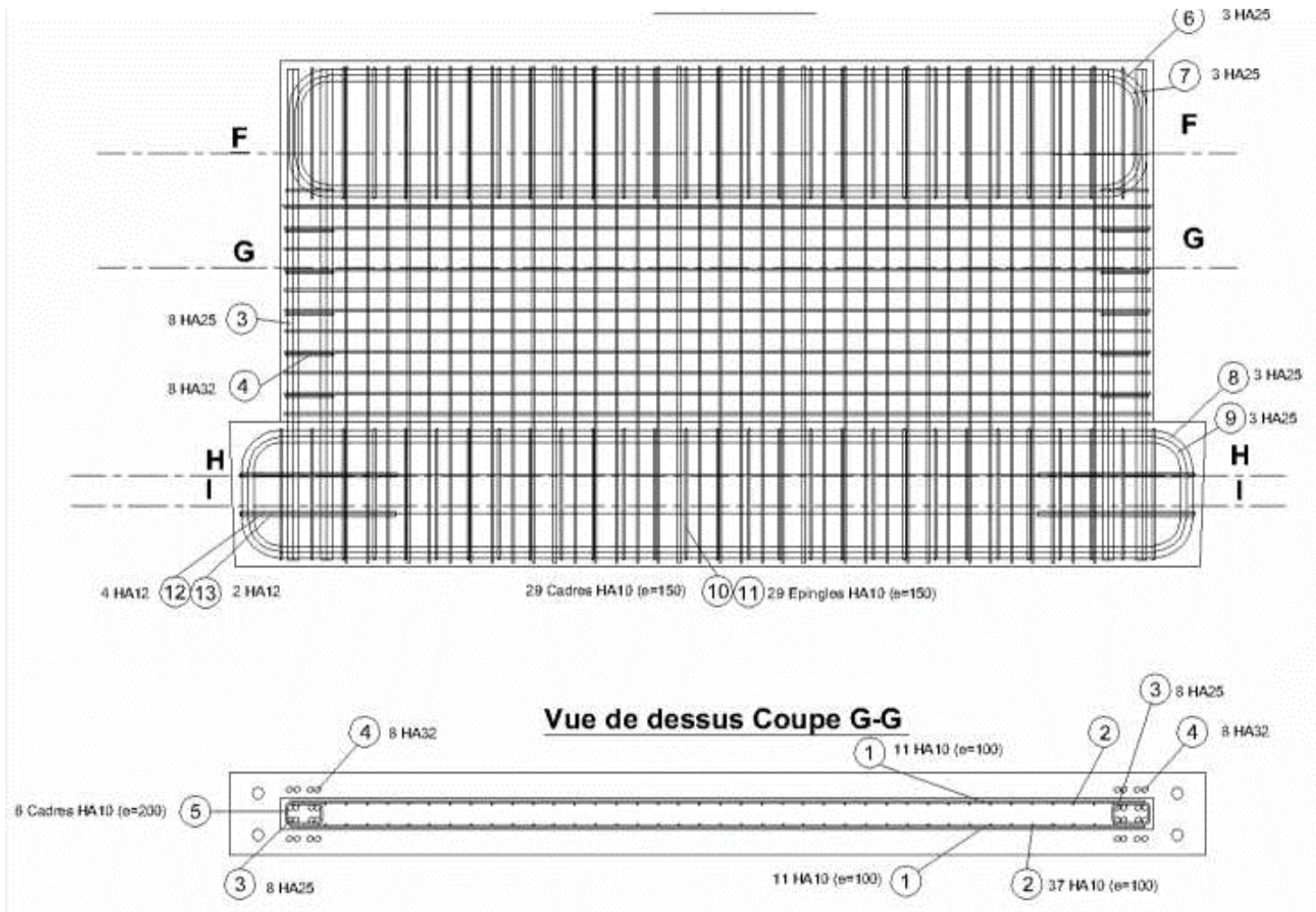
Application du chargement





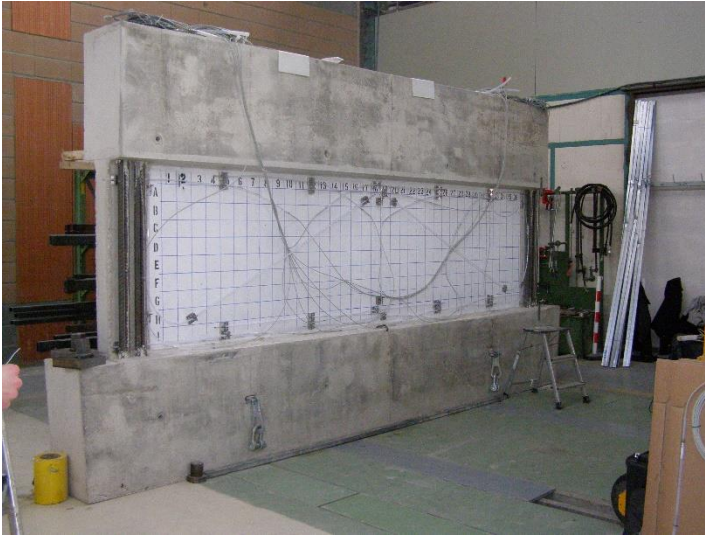


Plan de ferrailage (Voile 1 – benchmark)

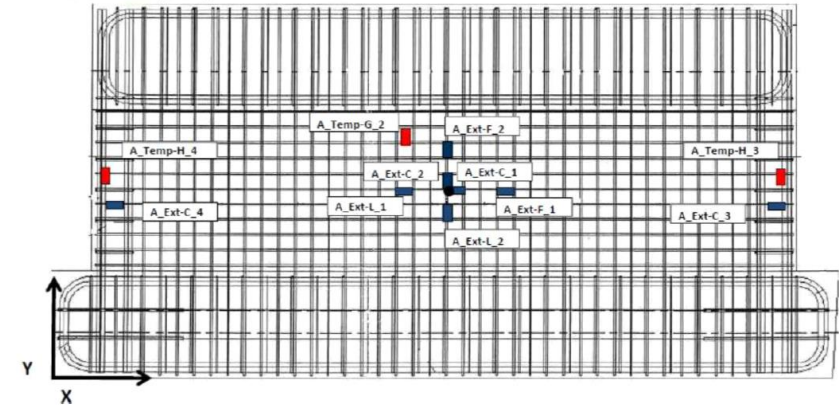
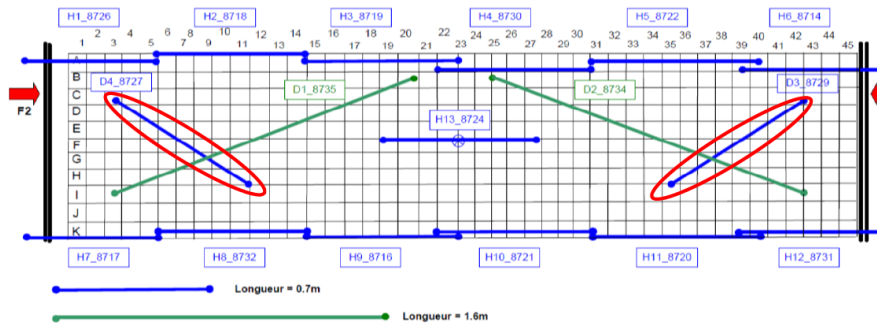




► Zoom Métrologie

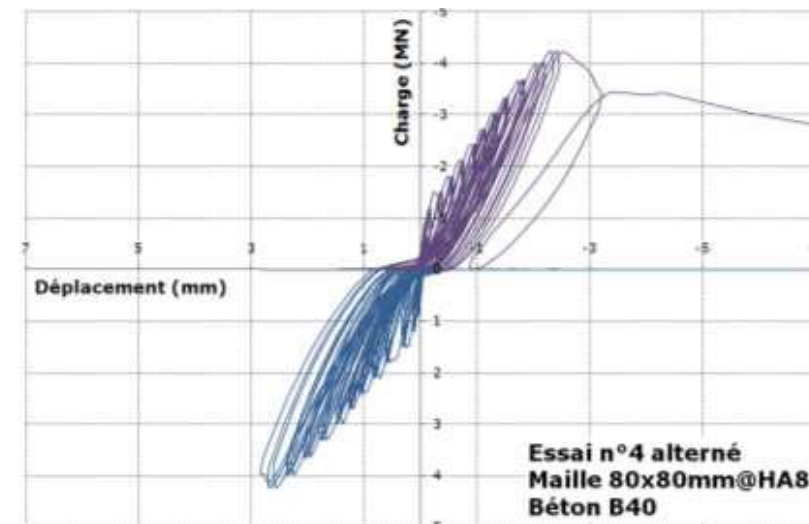
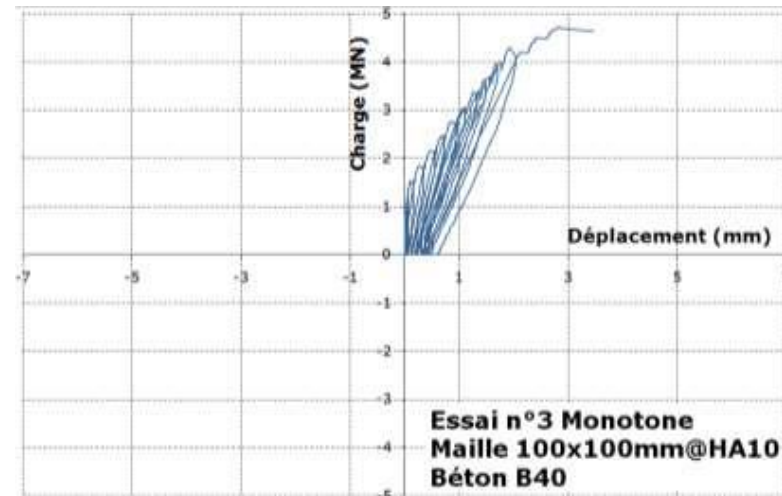
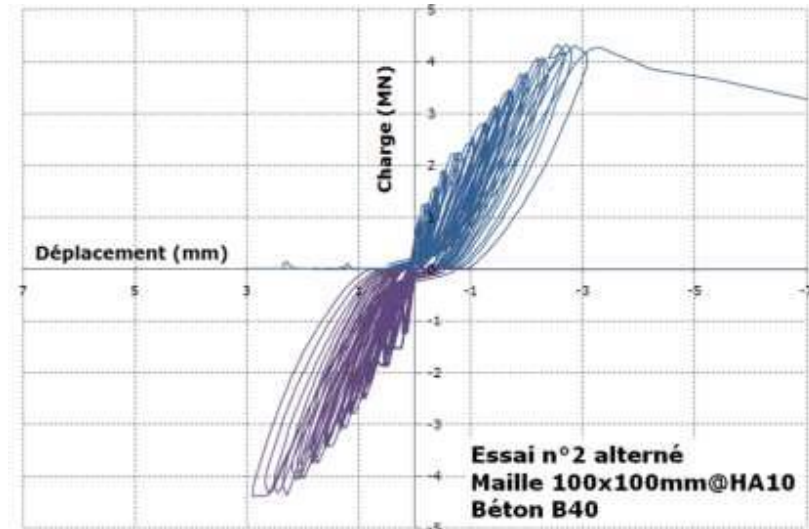
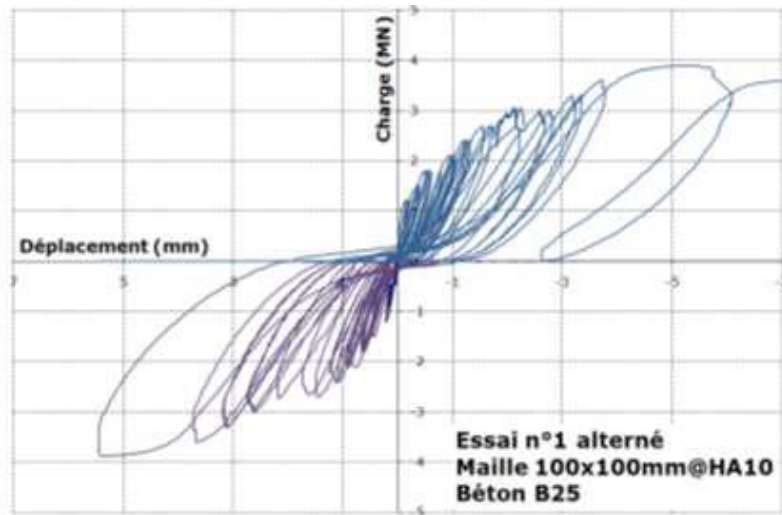


face B



■ : Jauges de déformation à fibre optique Bragg

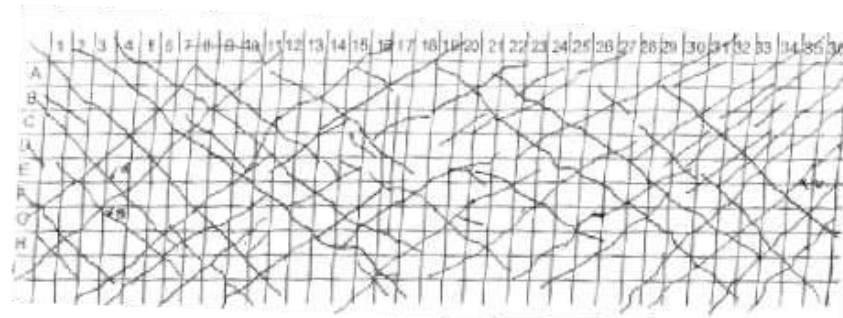
► Programme de chargement



► Relevés de fissuration $F = 4000$ kN

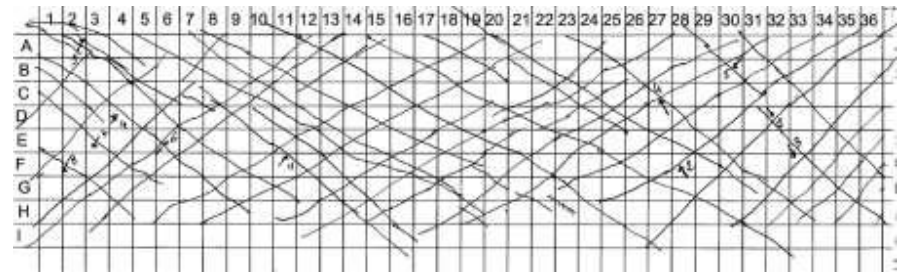
Test n°1 Chargement alterné
Treillis : 100x100mm@HA10
Béton : C25

Charge Max. = 3894kN



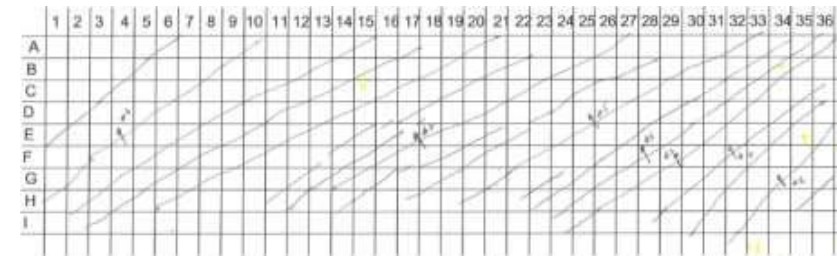
Test n°2 Chargement alterné
Treillis : 100x100mm@HA10
Béton : C40

Charge Max. = 4381kN



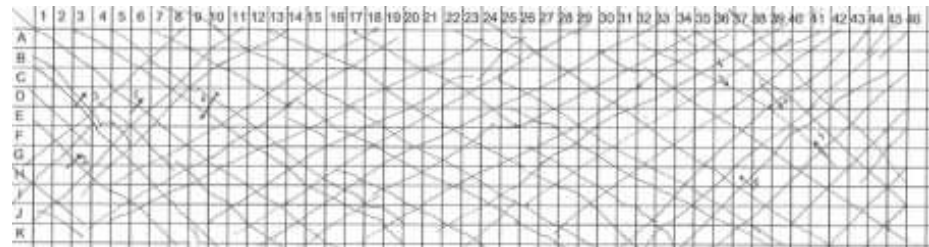
Test n°3 Chargement unidirectionnel
Treillis : 100x100mm@HA10
Béton : C40

Charge Max. = 4710kN



Test n°4 Chargement alterné
Treillis : 80x80mm@HA8
Béton : C40

Charge Max. = 4238kN



► Photos des voiles après essais

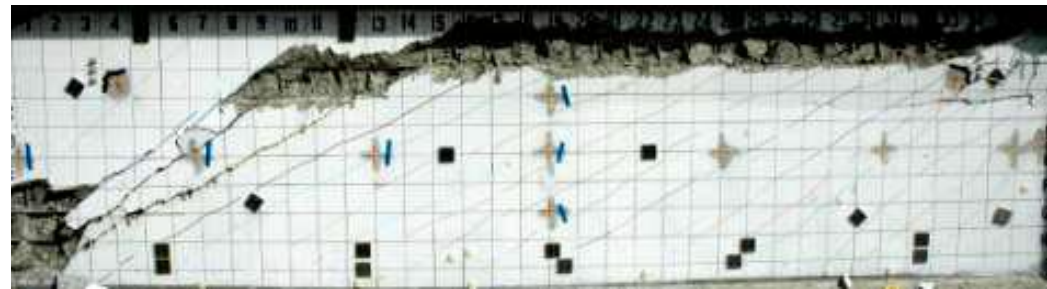
Test n°1 Chargement alterné
Treillis : 100x100mm@HA10
Béton : C25



Test n°2 Chargement alterné
Treillis : 100x100mm@HA10
Béton : C40



Test n°3 Chargement unidirectionnel
Treillis : 100x100mm@HA10
Béton : C40



Test n°4 Chargement alterné
Treillis : 80x80mm@HA8
Béton : C40



1 barre (4 poutres)

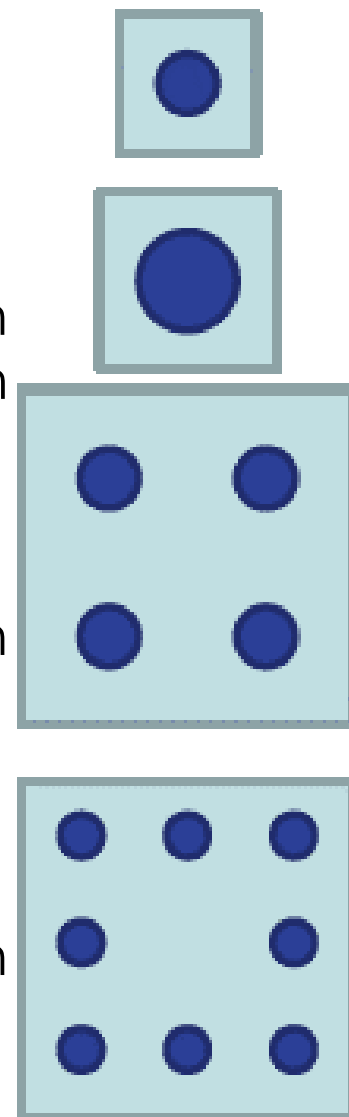
- 1 Φ 25 / dimensions béton 135 x 135 x 3200 mm
- 1 Φ 40 / dimensions béton 170 x 170 x 3200 mm

• 4 barres (3 poutres)

- 4 Φ 25 / dimensions béton 355 x 355 x 3200 mm
- Avec et sans cadres Φ 8

• 8 barres (2 poutres)

- 8 Φ 16 / dimensions béton 355 x 355 x 3200 mm
- avec cadres Φ 8



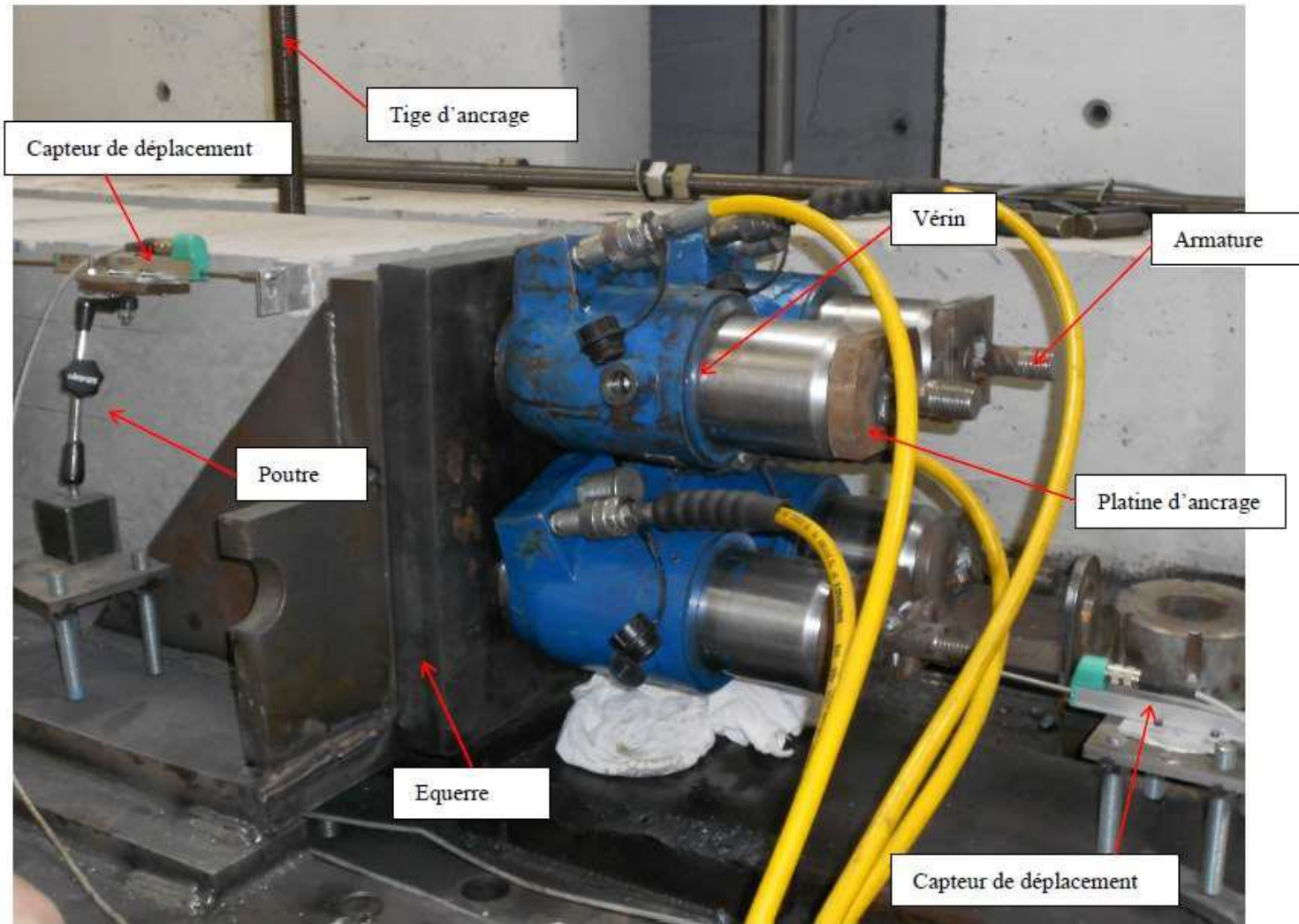
► Caractéristiques des armatures

Tie	1 ϕ 40	1 ϕ 25	4 ϕ 25	8 ϕ 16
Diameter	40	25	25	16
Yield strength (MPa)	533	537	552	529
Modulus (GPa)	197	215	211	202

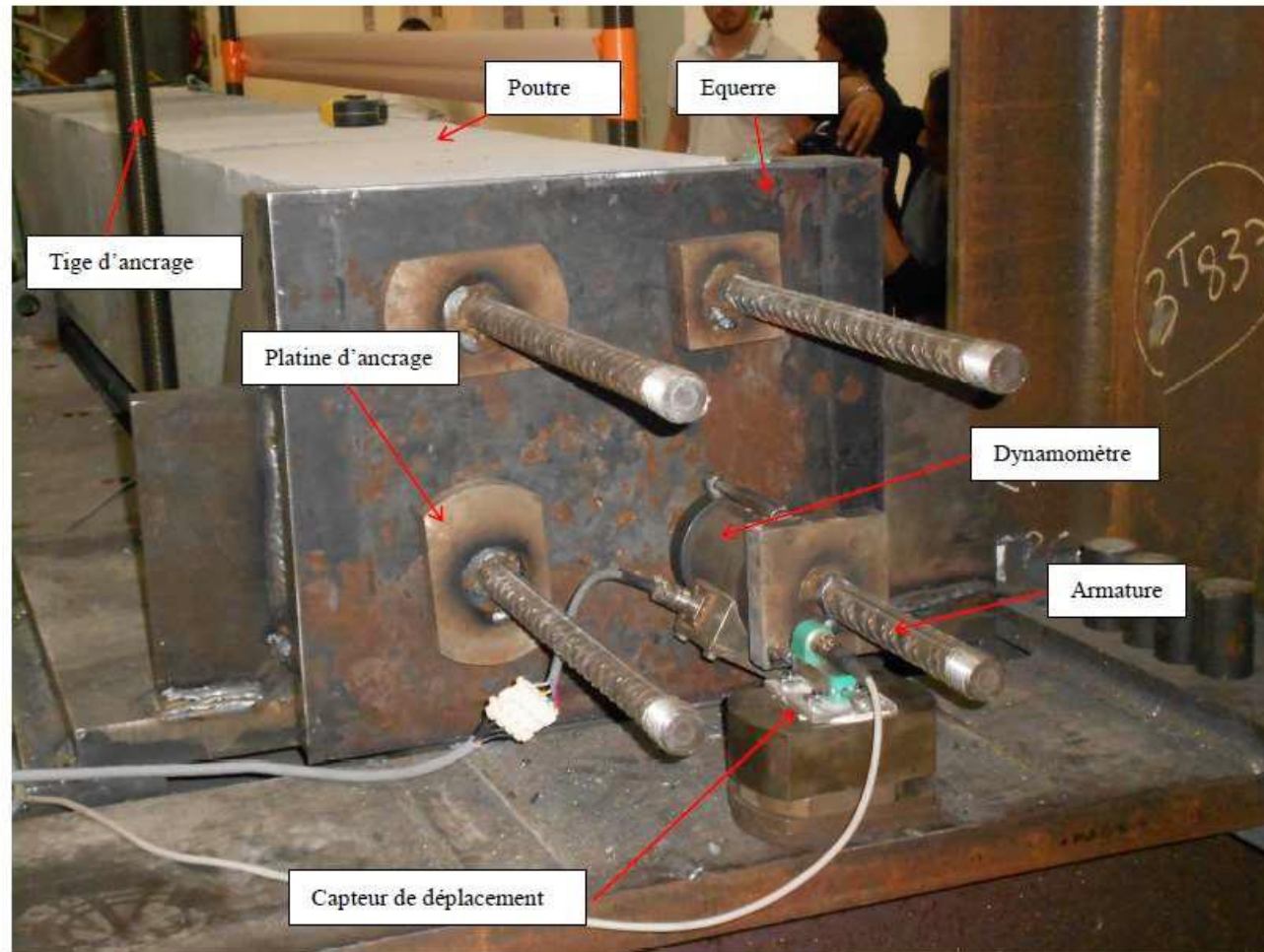
► Caractéristiques des bétons

Tie	170x170	135x135	355x355
f_{ctm} (MPa)	3,5	3,4	3,3
f_{cm} (MPa)	48	46	44

► Bâti d'essais



► Bâti d'essais



► Relevés de fissuration

- 1 $\Phi 40$, section 170x170



- 1 $\Phi 25$, section 135x135



- 4 $\Phi 25$, section 355x355



- 8 $\Phi 16$, section 355x355



- Mesures des ouvertures (fissuromètre) et espacements + DIC

Ties	1 $\Phi 40$		1 $\Phi 25$		4 $\Phi 25$			8 $\Phi 16$	
N°	4	5	9	10	1	2	3	4	5
Crack Spacing (mm)	284	253	245	236	314	335	373	260	267

► Zoom Métrologie : le big data !

Implantation	Capteur	Objectif	Technologie	Critère de sélection
Cœur béton	Jauges de déformation acier P100	Déformation armature locale	Résistif	Jauges de déformation acier
	ECV	Déformation béton locale	Corde vibrante	ECV
	ECV de référence	Déformation béton locale	Corde vibrante	ECV de référence
	FO Michelson	Déformation base longue et détection de fissuration	Interférométrie	FO Michelson
Parement blocs	Acoustique	Détection de fissuration	Accélérométrie	Acoustique
	Corrélation d'image (uniquement RL)	Détection et évolution de fissuration champ global	Traitement d'image numérique	Corrélation d'image (RL)
	ECV sur butons (RG)	Déformation acier locale	Corde vibrante	ECV sur butons (RG)

Implantation	Capteur	Objectif	Technologie	Critère de sélection
Bâti d'essais	Capteurs de déplacement	Mesure de la flèche du bloc	Potentiométrique	Capteurs de déplacement
	Capteurs de pression	Pression d'huile vérin	Jauge résistive	Capteurs de pression
	Vérin	Charge appliquée	ECV dans bâti d'essai	Vérin
	ECV dans bâti d'essai	Déformation béton locale	Corde vibrante	ECV dans bâti d'essai
Météo	ECV éprouvette de référence bâti d'essai	Déformation béton locale	Corde vibrante	ECV éprouvette de référence bâti d'essai
	Inclinomètres	Inclinaison du bâti	Résistif	Inclinomètres
	Température	Température du bâti	Résistance	Température
	Baromètre	Pression atmosphérique	Pression à jauge	Baromètre
Météo	Humidité relative	Humidité de l'air	Capacitif (MEMS)	Humidité relative
	Ensoleillement	Énergie, colorifique	Cellule photoélectrique	Ensoleillement
	Andromètre girouette	Vitesse et direction du vent	Générateur / Potentiomètre	Andromètre girouette
	Température	Température de l'air	Résistance	Température

Parement	FO Michelson	ECV sur butons (RG)	Quantité de mesures par bloc
Fourniture	SITES	ANDRA	
Installation	SITES	RINCENT	
Acquisition	SITES	RINCENT	
RL	0	0	9 600
RL1	0	0	12 360
RL2	0	0	4 820
RL4	4	0	9 160
RL5	5	0	1 230
RL6	6	0	1 950
RL7	0	0	920
RG8 bis	3	6	46 460
RG9	3	6	49 320
RG10	3	6	56 040
Total voies de mesures	15	40	156 820
Total voies de mesures			55

Cœur béton	Jauges de déformation acier	FO Michelson	P100	ECV	ECV béton de référence	Quantité de mesures par bloc
Fourniture	SITES	SITES	ANDRA	ANDRA	ANDRA	
Installation	SITES	SITES	RINCENT	RINCENT	RINCENT	
Acquisition	SITES	SITES	RINCENT	RINCENT	RINCENT	
RL1	6	5	9	16	2	287 500
RL2	6	3	9	16	2	263 600
RL3	0	3	9	16	2	187 200
RL4	6	0	9	16	2	352 800
RL5	0	0	9	16	2	182 200
RL6	0	0	9	16	2	354 100
RL7	0	0	6	16	2	155 300
RG8 bis	6	3	9	16	2	311 700
RG9	6	3	9	16	2	297 300
RG10	0	0	9	16	2	220 540
Total capteurs	30	15	87	160	20	2 612 248
Total voies de mesures	30	15	87	320	40	
Total voies de mesures						492

Bâti	Capteurs	Quantité de mesure
Fourniture	ANDRA	
Installation	CEMENTYS	RINCENT
Acquisition	CEMENTYS	RINCENT
Capteurs de déplacement	-	15
Capteurs de pression	-	2
ECV dans bâti d'essai	5	-
ECV éprouvette de référence bâti d'essai	1	-
Inclinomètres	2	-
Température dans bâti	2	-
Total capteurs	10	17
Total voies de mesures		29

Station météorologique	Capteurs	Quantité de mesure
Fourniture	ANDRA	
Installation	ANDRA	
Acquisition	ANDRA	
Baromètre	1	37 269
Humidité relative	1	37 269
Ensoleillement	1	37 269
Andromètre girouette	1	74 538
Température	1	37 269
Total capteurs	5	223 614
Total voies de mesures		6

Implantation	Capteur	Objectif	Technologie
Cœur béton	Jauge de déformation acier	Déformation armature locale	Résistif
	Jauge de déformation Bragg	Déformation armature locale	Réseau de Bragg
	Capteur de température Bragg	Température locale	Réseau de Bragg
	Déplacement	Suivi de fissuration	Magnétique
Parement voies	FO Michelson	Déformation base longue et détection de fissuration	Interférométrie
	Jauge de déformation béton (XY)	Déformation parement béton locale	Résistif
	Jauge de déformation béton (rossettes)	Déformation parement béton locale	Résistif
	Jauges de sur tirant	Déformation parement béton locale	Résistif
Bâti d'essais	Cellule de pression	Pression	Cellule photoélectrique
	Vérin	Charge appliquée	Potentiomètre
	Température	Température	Résistance

Cœur béton	Quantité de mesures par bloc
Fourniture	
Installation	
Acquisition	
Voie n°1	
Voie n°2	
Voie n°3	
Voie n°4	
Total capteurs	
Total voies de mesures	

Parement	FO Michelson	Capteur de température Bragg	Jauge de déformation béton (XY et rossettes)	Jauges de déformation acier sur tirants	Déplacement	Quantité de mesures par voie
Fourniture	SITES	SITES	RINCENT	RINCENT	CSTB	
Installation	SITES	SITES	RINCENT	RINCENT	CSTB	
Acquisition	SITES	SITES	RINCENT	RINCENT	CSTB	
Voie n°1	17	0	24	2	21	403 590
Voie n°2	17	1	24	2	14	106 690
Voie n°3	17	1	24	2	10	26 000
Voie n°4	17	1	24	2	11	72 045
Total capteurs	68	3	96	4	56	608 325
Total voies de mesures	68	3	96	4	56	

Implantation	Capteur	Objectif	Technologie
Cœur béton	ECV	Déformation béton locale	Corde vibrante
	P100	Température locale	Résistance
	Jauge de déformation Bragg	Déformation armature locale	Réseau de Bragg
	Jauge de déformation béton (XY et rossettes)	Température locale	Réseau de Bragg
Parement blocs	Corrélation d'image	Détection et évolution de fissuration	Traitement d'image numérique
	Cellule photoélectrique	Détection et évolution de fissuration	Potentiométrique
	Cale dynamométrique	Mesure de la force appliquée par les vérins	Potentiométrique
	Capteur de température	Température de l'air	Résistance
Bâti d'essais	Capteur de déplacement	Mesure de la flèche du bloc	Potentiométrique
	Capteur de température	Température de l'air	Résistance
	Capteur de température	Température de l'air	Résistance
	Capteur de température	Température de l'air	Résistance

Cœur béton	Jauge de déformation Bragg	Capteurs de température Bragg	ECV	PT100	Quantité de mesures par bloc
Fourniture	SITES	SITES	RINCENT	RINCENT	
Installation	SITES	SITES	RINCENT	RINCENT	
Acquisition	SITES	SITES	RINCENT	RINCENT	
			1	2	34 048
			4	2	38 788
			4	2	34 437
			4	2	34 503
			4	2	37 684
			4	2	32 323
			21	12	211 783
			21	12	
Total voies de mesures					62

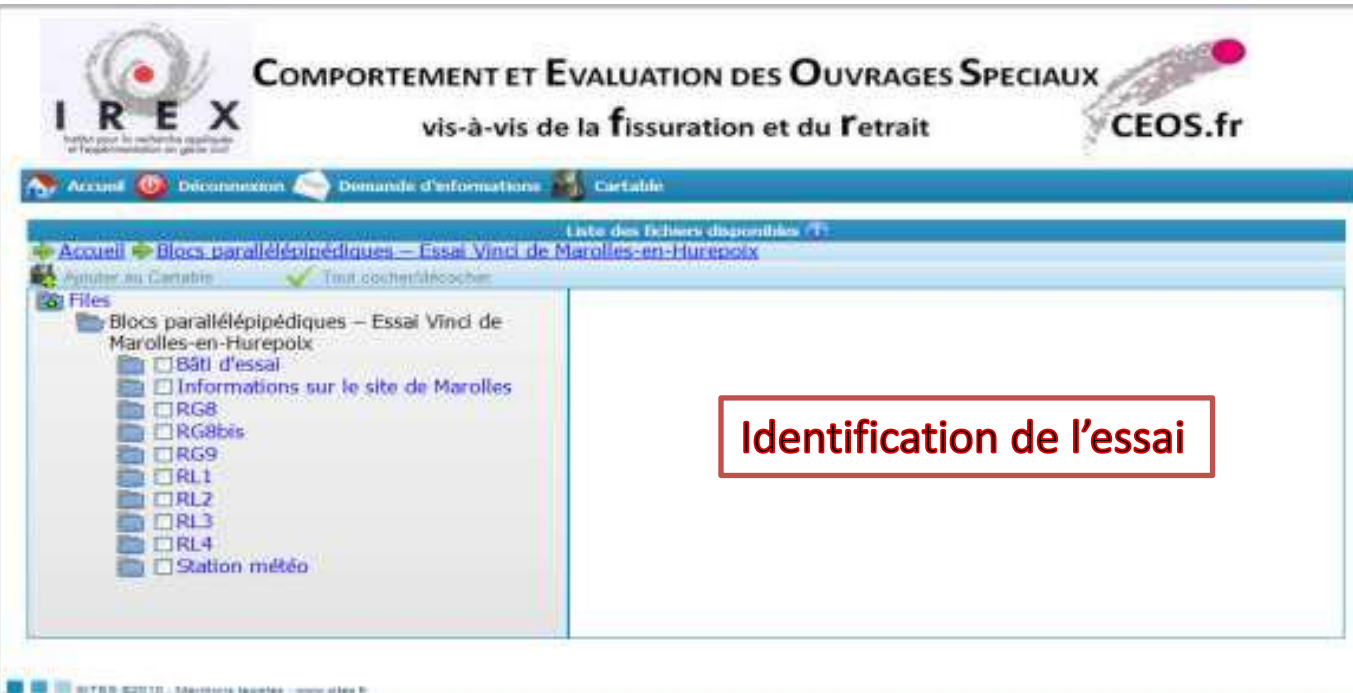
Cœur béton	Capteurs de déplacement	Cale dynamométrique	Quantité de mesures par bloc
Fourniture	CERTP	CERTP	
Installation	CERTP	CERTP	
Acquisition	CERTP	CERTP	
	8	2	57 853
	8	2	72 851
	8	2	56 656
	8	2	58 484
	8	2	64 893
	8	2	56 307
	18	12	362 044
	18	12	
Total voies de mesures			62

TOTAL
1100 voies de mesures
Plus de 5 millions de mesures

- Valorisation des données expérimentales fiabilisées sur portail internet avec accès sur demande aux membres de CEOS.fr



The screenshot displays the SIMON-e web portal, a system for monitoring structures. At the top, a banner features various images of infrastructure (bridges, dams, wind turbines) and the text "Veille sur vos structures". Below the banner, the main content area is divided into two columns. The left column, titled "Présentation", describes SIMON-e as a web service for managers and owners to monitor the health of their buildings, bridges, and monuments. The right column, titled "Se connecter", contains a login form with fields for "Nom d'utilisateur" and "Mot de passe", a "Se connecter" button, and links for "Mot de passe perdu ou oublié ?" and "Obtenir un accès de démonstration". Below the presentation text, there is a "Références" section with a thumbnail image of a bridge and the text "Ouvrage : Pont de Rades la Goulette Localisation : Tunisie". At the bottom left, a small footer indicates "SITES ©2010 - Mentions légales - www.sites.fr".



Identification de l'essai

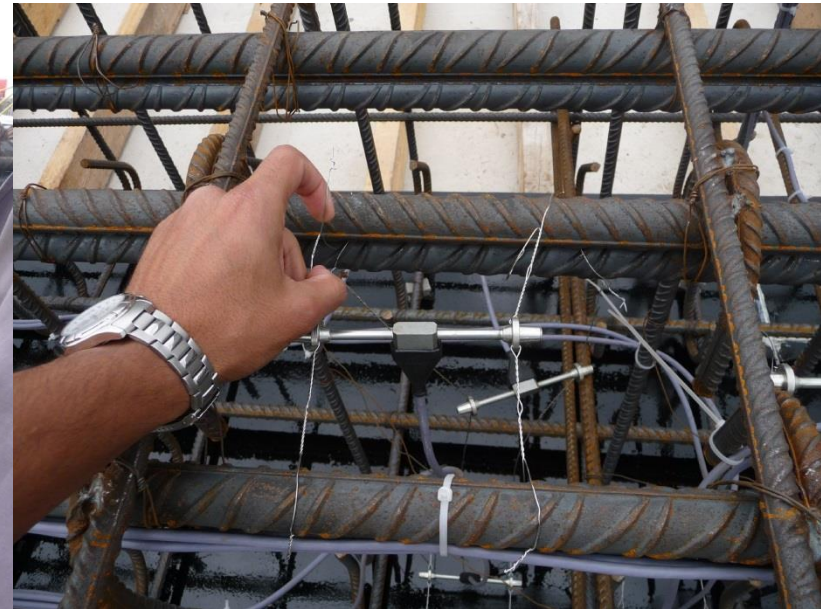


Nature du fichier de données

Fichiers de données

► « Densité » d'instrumentation

- **Objectif du PN** : analyse et compréhension de la fissuration d'ouvrages « spéciaux »
- **Ouvrages « hors normes », massifs/épais** : besoin d'une instrumentation importante pour une description du comportement THM ; capteurs à cœur et en surface des corps d'épreuve



► Durée et planning d'essais : ≥ 2 ans

- contrôle des conditions atmosphériques pour les intégrer dans l'analyse des données (toutes saisons) : mise en place d'une station météorologique
- « protection » des corps d'épreuves



► Mesures THM

- contrôles détaillés et variés du 'T' et du 'M'
- manque de données sur le 'H'

- ▶ Mesures et contrôle de tous les éléments mis en place
 - corps d'épreuves, bâtis, butons, environnement
 - ~ 3 250 000 mesures...



- ▶ Eprouvettes libres / QAB
- ▶ **Eprouvette libre** cylindrique Ø 16 x L 32 cm instrumentée avec ECV ; placée à proximité de l'ouvrage de façon à subir les mêmes conditions environnementales que l'ouvrage
- ▶ **Eprouvette QAB** cylindrique Ø 16 x L 32 cm instrumentée avec ECV dans un caisson isolé



► ECV

- Extensomètres à cordes vibrantes : REX sur ~60 ans
- Sensibles au retrait, au fluage ; seuil d'ouverture détecté ~200 μm avec une précision de 10 μm
- Calibration corps d'épreuve vs éprouvette témoin (éprouvettes libres et QAB)

► FO

- Capteurs à fibre optique : qualifications et validations en environnements contrôlés et *in situ*
- Capteurs « base longue » permettant d'intercepter les phénomènes sur un plus grand volume

► Mesures par comparaisons :

- Installation **dans** et **sur** les **corps d'épreuve**
- entre des **capteurs de même nature** installés dans différentes conditions et/ou placés sur différents axes dans un corps d'épreuve (identification et orientation des déformations)
- entre **capteurs de natures différentes**

► Quantification de la fissuration

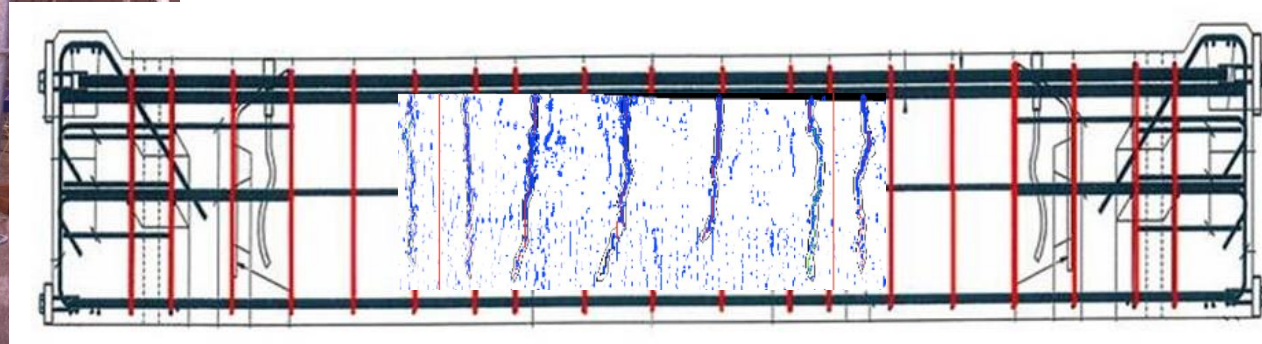
- Mesures espacements et ouvertures de fissures



Fissuromètres

Résolution: 1 / 100 mm

Reconstruction des *pattern* de fissuration par corrélation d'images (DIC)



Les données analysées issues des essais CEOS.fr sont en cours de stockage dans une base spécifique



http://cheops.necs.fr/fydexbuilder/builder/view_list/

16 h 45 **Mise à disposition des résultats (S. GHAVAMIAN – NECS)**