

Institut de l'enveloppe métallique

6-14 Rue la Pérouse

75 016 PARIS

Rapport n° BMA6.I.4069

Essais de diaphragmes sur planchers collaborants

Dans le cadre du programme PACTE

N° PACTE-AD56-17-126

10 octobre 2019



Version	Modifications
0	Version initiale
1	Ajout des points utiles à la détermination de G' pages 25, 27 et 30.

Département
Enveloppe du Bâtiment
Laboratoire d'Etude et
d'Essais des Matériels et des
Structures
ELANCOURT

Votre interlocuteur :

Arnaud MESPOULLÉ

Tel : 01 30 85 20 09

a.mespoulle@groupeginger.com

Le présent rapport comprend 134 pages

Agence Elancourt
12 avenue Gay Lussac
ZAC La Clef Saint Pierre
78990 ELANCOURT

T +33 (0)1 30 85 24 00
F +33 (0)1 30 85 24 30
cebtp.idf@groupe-cebtp.com

Ginger CEBTP – S.A.S.U. au capital de 2 597 660 € - Siège social au
12 avenue Gay Lussac - ZAC La Clef Saint-Pierre - 78990 Elancourt
RCS Versailles B 412 442 519 - Code APE 7112B - N°T.V.A FR
31 412 442 519
www.groupe-cebtp.com

SOMMAIRE

1. CONTEXTE.....	3
2. TEXTES DE REFERENCE.....	3
3. MOYENS D'ESSAI.....	3
4. INTERVENANTS.....	4
5. DESCRIPTION DES ELEMENTS A TESTER.....	5
6. PRINCIPE DES ESSAIS :.....	14
7. INSTRUMENTATION DES MAQUETTES :.....	17
8. RESULTATS DES ESSAIS :.....	20
9. RECAPITULATIF :.....	34

1. CONTEXTE

Le rapport d'essais est établi conformément au cahier des charges Pacte 2017 : Cahier des charges des essais dynamiques de mise en parallélogramme des planchers collaborants. Ce cahier des charges traite de la rédaction du référentiel technique PACTE pour la conception et la mise en œuvre de planchers collaborants acier-béton.

Ce document précise que des essais sismiques dynamiques doivent être menés en amont de la rédaction du référentiel. Ce rapport d'essais présente les résultats obtenus lors de la réalisation de ces essais.

2. TEXTES DE REFERENCE

Pacte 2017 : Cahier des charges des essais dynamiques de mise en parallélogramme des planchers collaborants

Seismic in-plane shear resistance of steel-deck concrete composite slabs with a bottomless trench duct (Earthquake Engineering, Tenth world conference – 1992 Rotterdam)

3. MOYENS D'ESSAI

- Banc d'essais avec Vérin hydraulique. Ce banc est constitué :
 - o D'une structure en acier fabriquée à partir de profilés de construction
 - o De 2 systèmes de glissement uni axial
 - o D'un vérin hydraulique MTS de type 500 kN 244
 - o D'un groupe hydraulique MTS SilentFlo 515.90 et de son pied de distribution

- Jauges de contrainte KYOWA type KFGS-5-120-C1-L1M2R

Caractéristiques des jauges :

Facteur de jauge : 2,12 ($\pm 1\%$)

Longueur de la jauge : 5 mm

Résistance : 119,6 $\pm 4\%$

dilatation thermique : 11,7 $\times 10^{-6}$ /°C

- Capteurs de déplacements AK industrie type CD50-0500-U010-L25-K10-OP-EM-IX

Caractéristiques des capteurs :

Course : 500 mm

Linéarité : $\pm 0,25\%$ de la pleine échelle

4. INTERVENANTS

Personnes effectuant les essais

-  Arnaud MESPOULLÉ GINGER CEBTP
-  Arnaud BARON GINGER CEBTP
-  Houcine ACHACH GINGER CEBTP

Personnes assistantes aux essais

Nom	<u>Contrôle du ferrailage et du calepinage</u>	<u>Maquette n°1</u> : Essai (3x3) m en configuration isostatique	<u>Maquette n°2⁽¹⁾</u> : Essai (3x3) m en configuration isostatique	<u>Maquette n°3</u> : Essai (3x3) m en configuration isostatique	<u>Maquette n°4</u> : Essai (6x3) m en configuration hyperstatique
GAUDRON Aurélien GINGER CEBTP	Présent	Présent	Présent	Présent	Présent
IZABEL David Institut de l'enveloppe métallique du bâtiment	Absent	Présent	Absent	Absent	Présent
VIENNE Maxime BACACIER	Absent	Absent	Absent	Absent	Présent
DESCOS LAURA ARCELORMITTAL	Présent	Absent	Absent	Absent	Présent
RENAUX Thibault JORIS IDE	Absent	Présent	Absent	Absent	Présent
FOLCHER Xavier CANCÉ	Absent	Absent	Absent	Absent	Présent

⁽¹⁾ Le comportement Quasi-statique de la maquette n°2 a été déduit de l'essai réalisé sur la maquette n°3.

5. DESCRIPTION DES ELEMENTS A TESTER

Le tableau suivant résume l'ensemble des caractéristiques des éléments testés. Les descriptifs détaillés sont donnés à la suite.

Référence de l'éprouvette	Type d'éprouvette	Descriptif technique	Type d'essai
Maquette n°1	Plancher acier	Dimensions : (3 x 3) m	Essai en diaphragme Solicitation statique
Maquette n°2⁽¹⁾	Plancher acier- béton	Dimensions : (3 x 3) m	Essai en diaphragme Solicitation statique
Maquette n°3	Plancher acier- béton	Dimensions : (3 x 3) m	Essai en diaphragme Solicitation dynamique
Maquette n°4	Plancher acier-béton	Dimensions : (6 x 3) m	Essai en diaphragme Solicitation dynamique

⁽¹⁾ Le comportement Quasi-statique de la maquette n°2 a été déduit de l'essai réalisé sur la maquette n°3.

Les dispositions techniques retenues pour ces essais se concentrent sur les aspects mécaniques et non sur les aspects de maîtrise de la fissuration (cf CPR 3730, §1.2)

a) Maquette n°1 :

La maquette d'essais est constituée :

- De 4 tôles de coffrage collaborant (cf. figures 1)
 - o En acier de nuance S 320 GD,
 - o De référence PCB 60 PP (de chez Bacacier),
 - o D'épaisseur nominale 0,75 mm,
 - o De longueur 3,10m.

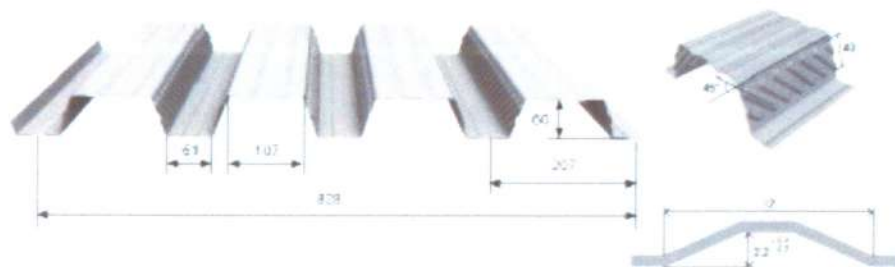


Figure1 – Coffrage collaborant PCB 60 PP de BACACIER

- De costière de hauteur 150 mm, de largeur 60 mm et d'épaisseur 1,00 mm,
- De closoirs en mousse pour tôle de coffrage PCB 60 PP,
- D'une structure porteuse composée de poutres HEA360 en acier de nuance S355 sur laquelle sont fixés des goujons type Nelson (diamètre 19 mm, hauteur 125 mm) en nuance S235,
- De vis TH métalliques autotaraudeuses 6,3 x 35 réf 63035-050 de chez FAYNOT,

Les plans de calepinage de la maquette sont joints en annexe 1.

Dossier photographique :



Photo 1 : Vue globale de la structure d'accueil



Photo 2 : Détail de la pose du goujon Nelson



Photo 3 : Détail de l'articulation de la structure



Photo 4 : Vue globale de la pose des bacs

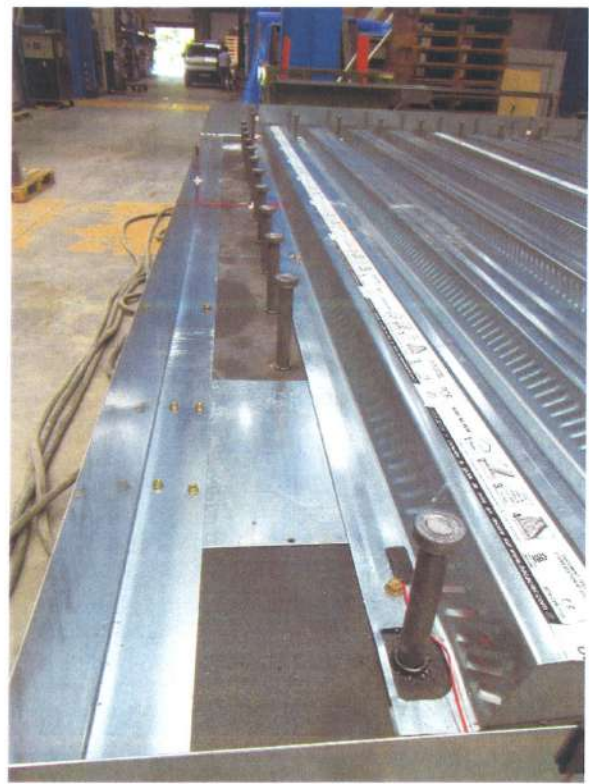


Photo 5 et 6 : Détail de la pose des bacs

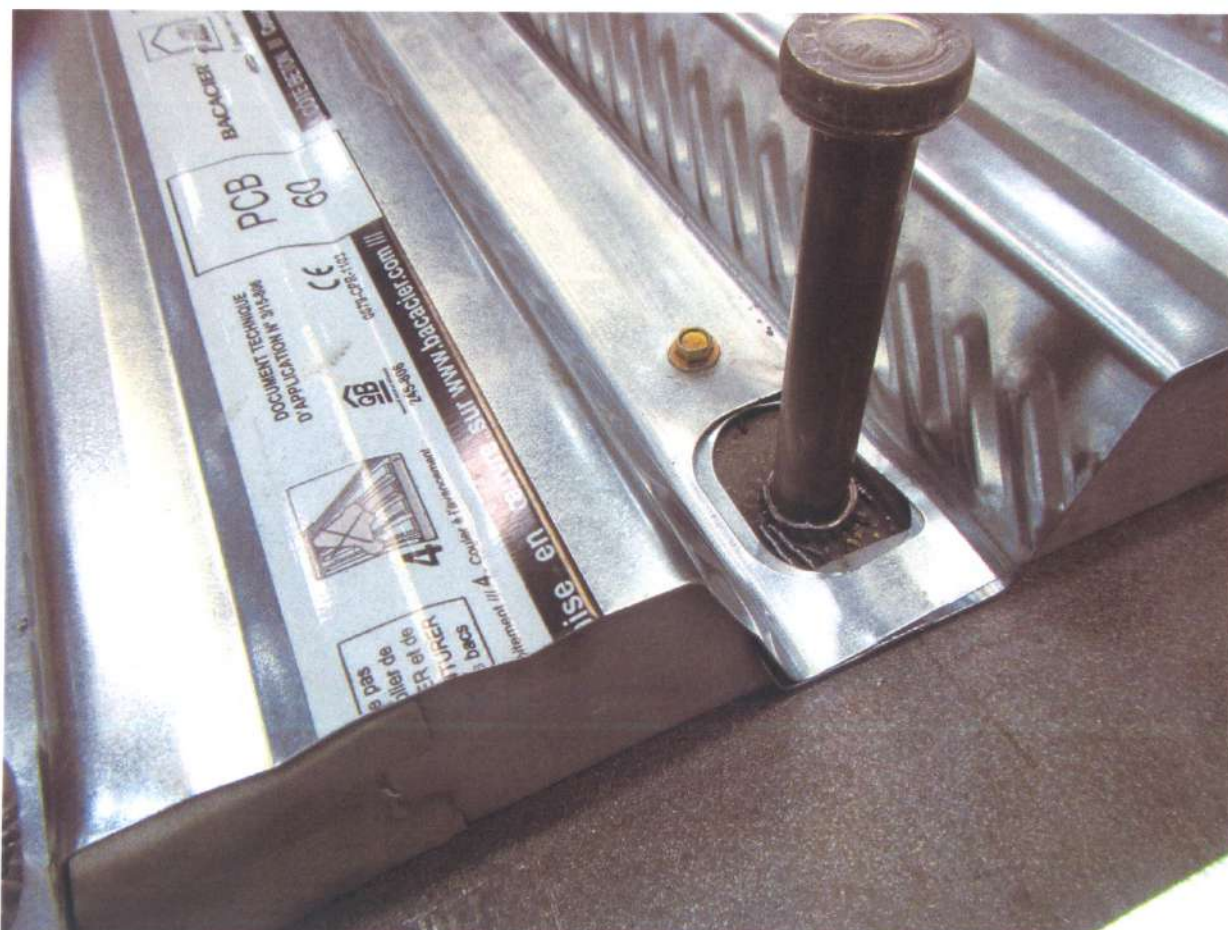


Photo 7 : Détail de la pose des closoirs

b) Maquette n°3 :

Les maquettes d'essais sont constituées :

- De 4 tôles de coffrage collaborant (cf. figures 1)
 - o En acier de nuance S 320 GD,
 - o De référence PCB 60 PP (de chez Bacacier),
 - o D'épaisseur nominale 0,75 mm,
 - o De longueur 3,10m.
- De costière de hauteur 150 mm, de largeur 60 mm et d'épaisseur 1,00 mm,
- De closoirs en mousse pour tôle de coffrage PCB 60 PP,
- D'une structure porteuse composée de poutres HEA360 en acier de nuance S355 sur laquelle sont fixés des goujons type Nelson (diamètre 19 mm, hauteur 125 mm) en nuance S235,
- De vis TH métalliques autotaraudeuses 6,3 x 35 réf 63035-050 de chez FAYNOT,
- D'un ferrailage en acier de classe B500 constitué :
 - o De crosses en acier HA diamètre 14 mm de longueur 750 mm,
 - o D'un lit de treillis soudé de type ST25C,
- De béton de sable et de granulats courants dosé à 350 kg de classe C25/30 et de classe de consistance S4

Les plans de calepinage et de ferrailage de la maquette sont joints en annexe 1. L'épaisseur totale de la dalle est de 150 mm.

Dossier photographique :



Photo 8 : Vue globale du ferrailage

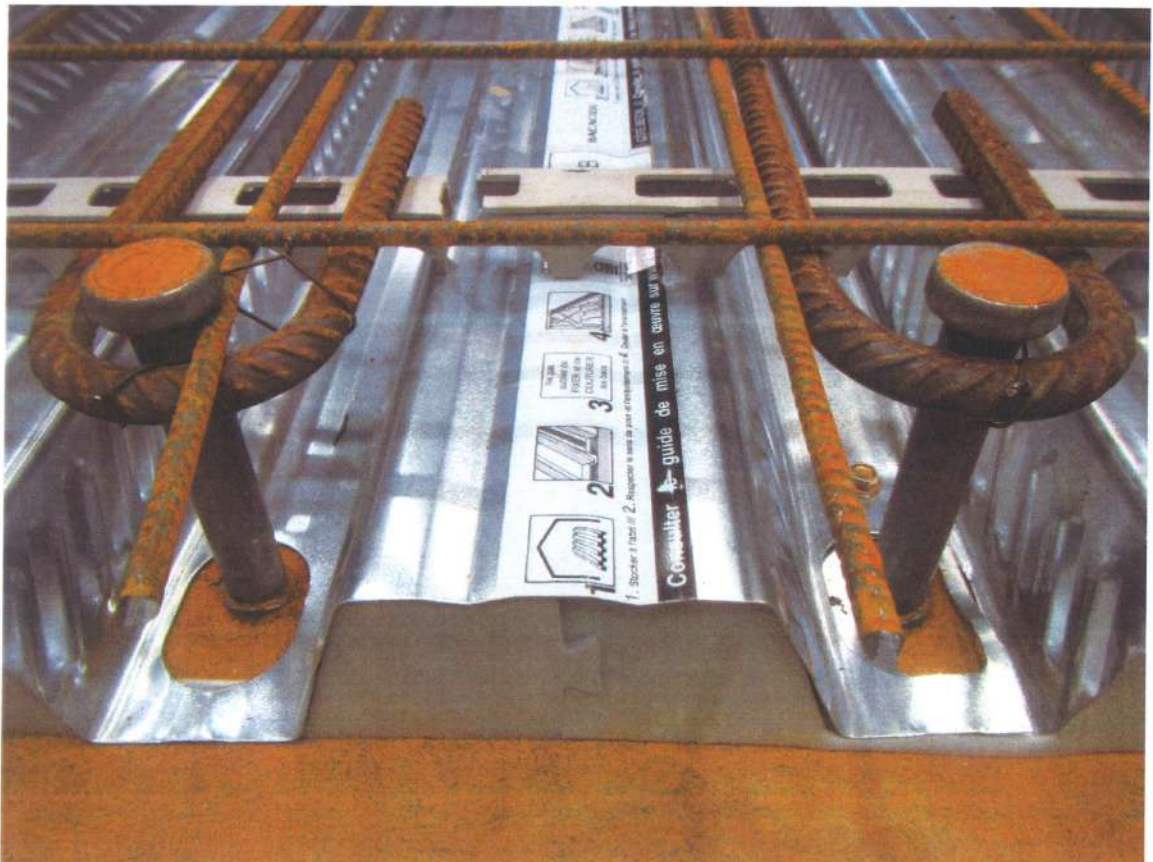


Photo 9 : Détail de la pose des crosses



Photo 10 : Détail de la pose des crosses - longueur



Photo 11 : Détail de la pose du treillis



Photo 12 : Détail de la pose des treillis - calage



Photo 13 : Détail de la pose des treillis - Recouvrement

c) Maquette n°4 :

La maquette d'essai est constituée :

- De 8 tôles de coffrage collaborant (cf. figures 1)
 - o En acier de nuance S 320 GD,
 - o De référence PCB 60 PP (de chez Bacacier),
 - o D'épaisseur nominale 0,75 mm,
 - o De longueur 3,10m.
- De costière de hauteur 150 mm, de largeur 60 mm et d'épaisseur 1,00 mm,
- De closoirs en mousse pour tôle de coffrage PCB 60 PP,
- D'une structure porteuse composée de poutres HEA360 en acier de nuance S355 sur laquelle sont fixés des goujons type Nelson (diamètre 19 mm, hauteur 125 mm) en nuance S235,
- De vis TH métalliques autotaraudeuses 6,3 x 35 réf 63035-050 de chez FAYNOT,
- D'un ferrailage en acier de classe B500 constitué :
 - o De crosses en acier HA diamètre 14 mm de longueur 750 mm,
 - o De barres en acier HA de diamètre 14 mm et de longueur 1 500 mm,
 - o D'un lit de treillis soudé de type ST25C,
- De béton de sable et de granulats courants dosé à 350 kg de classe C25/30 et de classe de consistance S4

Les plans de calepinage et de ferrailage de la maquette sont joints en annexe 2. L'épaisseur totale de la barre est de 150 mm.

Dossier photographique :

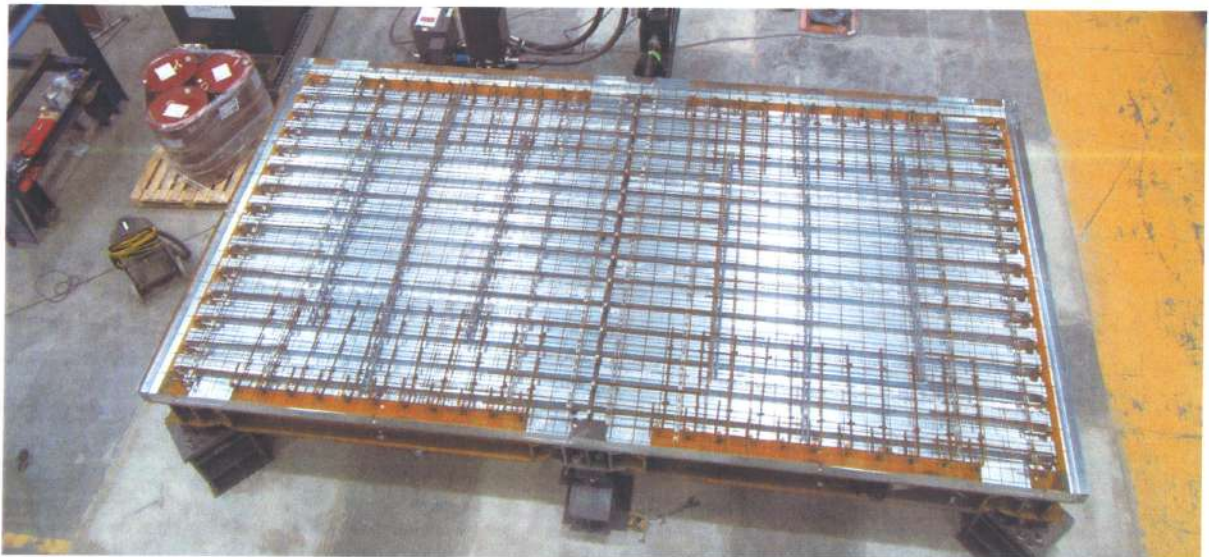


Photo 14 : Vue globale du ferrailage



Photo 15 : Détail de la pose des barres centrales



Photo 16 : Détail de la pose des barres centrales – Mesure de la longueur

6. PRINCIPE DES ESSAIS :

1) Principe d'essais :

Les essais consistent à des mises en parallélogrammes en régime dynamique et statique.

Les maquettes d'essais seront instrumentées à l'aide de capteurs de déplacements et de jauges de contrainte afin de mesurer les déformations et déplacements observés lors des essais.

Les maquettes d'essais auront 2 dimensions : (6,0 x 3,0) m et (3,0 x 3,0) m.

Les principes des essais sont décrits dans les schémas ci-dessous :

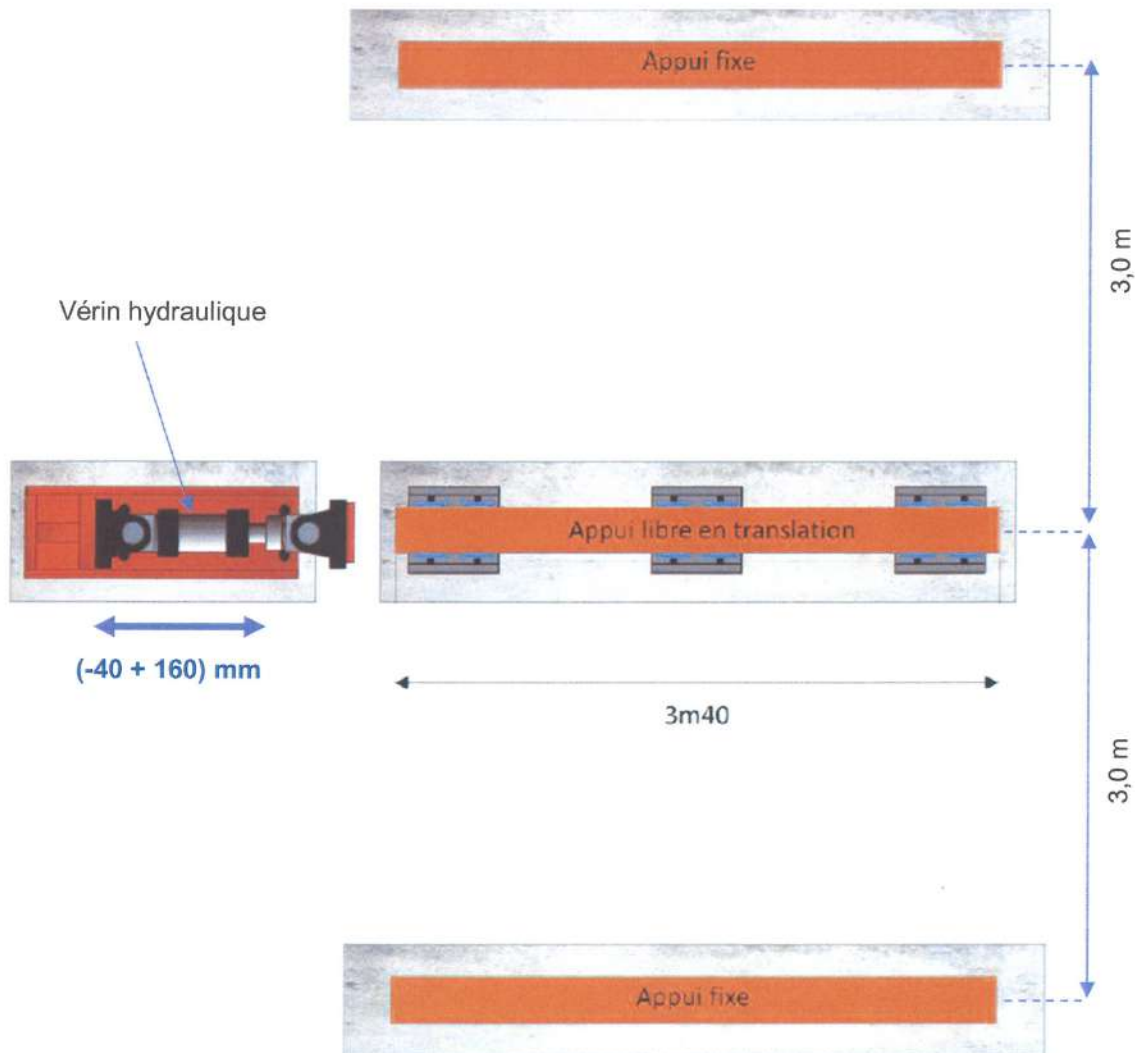


Figure 2 : Schéma de principe du banc d'essais (Vue de haut)

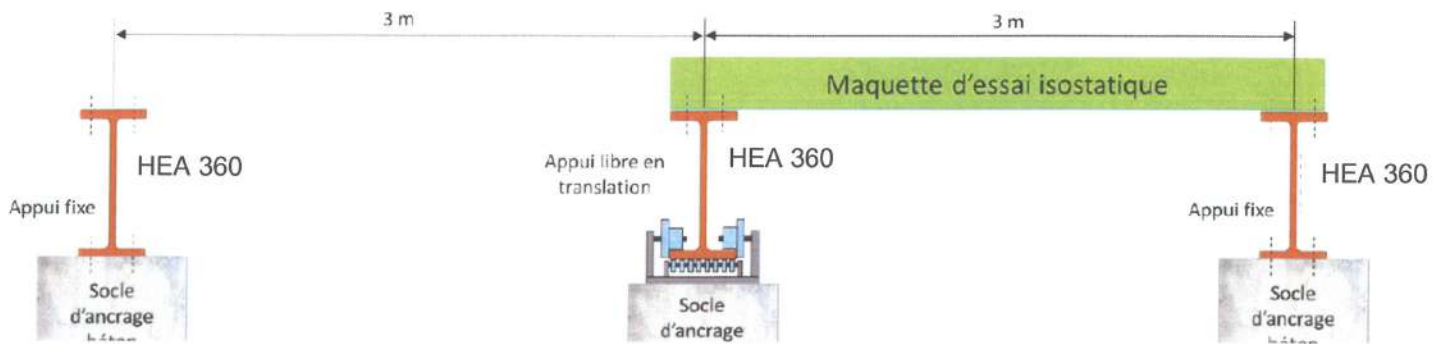


Figure 3 : Schéma de principe du banc d'essais en configuration [3,0 x 3,0] m (Vue de face)

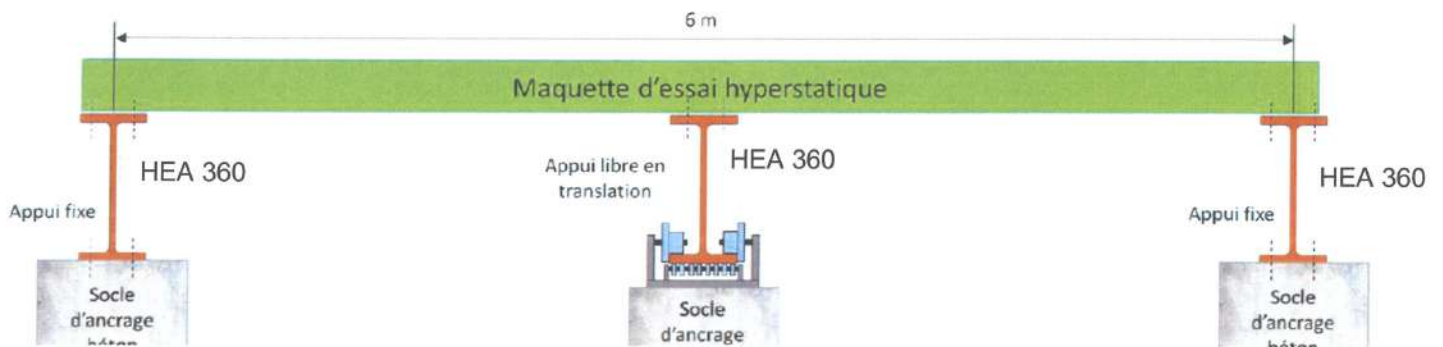


Figure 4 : Schéma de principe du banc d'essais en configuration [6,0 x 3,0] m (Vue de face)

2) Chargement en régime statique :

L'essai consiste à appliquer un déplacement imposé statique croissant à l'appui libre en translation, afin de solliciter la maquette dans son plan par une mise en parallélogramme.

Les amplitudes des déplacements vont de ± 2 mm à $+60 / -40$ mm en différentes phases, cf. tableau ci-dessous, afin de couvrir des niveaux d'amplitudes correspondant à la zone de sismicité 5.

	Phases					
	0	0a	0b	0c	1	1a
Déplacement statique	± 2 mm 1 cycle $f = 0,02$ Hz	± 4 mm 1 cycle $f = 0,02$ Hz	± 6 mm 1 cycle $f = 0,02$ Hz	± 8 mm 1 cycle $f = 0,02$ Hz	± 10 mm 1 cycle $f = 0,02$ Hz	$\pm 12,5$ mm 1 cycle $f = 0,02$ Hz

	Phases					
	1b	1c	2	2a	2b	2c
Déplacement statique	± 15 mm 1 cycle $f = 0,02$ Hz	$\pm 17,5$ mm 1 cycle $f = 0,02$ Hz	± 20 mm 1 cycle $f = 0,02$ Hz	$\pm 22,5$ mm 1 cycle $f = 0,02$ Hz	± 25 mm 1 cycle $f = 0,02$ Hz	$\pm 27,5$ mm 1 cycle $f = 0,02$ Hz

	Phases					
	3	3a	4	2a	5	6c
Déplacement statique	± 30 mm 1 cycle $f = 0,02$ Hz	± 35 mm 1 cycle $f = 0,02$ Hz	± 40 mm 1 cycle $f = 0,02$ Hz	$+45/-40$ mm 1 cycle $f = 0,02$ Hz	$+50/-40$ mm 1 cycle $f = 0,02$ Hz	$+60/-40$ mm 1 cycle $f = 0,02$ Hz

3) Chargement en régime dynamique :

Le but de l'essai est d'observer la déformation de la maquette et de mesurer les efforts lorsque la structure porteuse de la maquette est mise en parallélogramme.

L'essai consiste à appliquer un déplacement monotone croissant à l'appui libre en translation, suivi par une phase de chargement cyclique. L'appui libre en translation est déplacé progressivement en différentes phases par un déplacement statique alterné, puis dynamique appliqué selon les niveaux définis par le tableau ci-après.

Les amplitudes des déplacements vont de ± 2 mm à ± 60 mm en 6 phases, cf. tableau suivant, afin de couvrir des niveaux d'amplitudes correspondant à la zone de sismicité 5.

	Phases					
	0	0a	0b	0c	1	1a
Déplacement statique	± 2 mm 1 cycle f= 0,02 Hz	± 4 mm 1 cycle f= 0,02 Hz	± 6 mm 1 cycle f= 0,02 Hz	± 8 mm 1 cycle f= 0,02 Hz	± 10 mm 1 cycle f= 0,02 Hz	$\pm 12,5$ mm 1 cycle f= 0,02 Hz
Déplacement dynamique	± 2 mm 20 cycles f= 0,2 Hz	± 4 mm 20 cycles f= 0,2 Hz	± 6 mm 20 cycles f= 0,2 Hz	± 8 mm 20 cycles f= 0,2 Hz	± 10 mm 20 cycles f= 0,2 Hz	$\pm 12,5$ mm 20 cycles f= 0,2 Hz
Déplacement statique	± 2 mm 1 cycle f= 0,02 Hz	± 4 mm 1 cycle f= 0,02 Hz	± 6 mm 1 cycle f= 0,02 Hz	± 8 mm 1 cycle f= 0,02 Hz	± 10 mm 1 cycle f= 0,02 Hz	$\pm 12,5$ mm 1 cycle f= 0,02 Hz

	Phases					
	1b	1c	2	2a	2b	2c
Déplacement statique	± 15 mm 1 cycle f= 0,02 Hz	$\pm 17,5$ mm 1 cycle f= 0,02 Hz	± 20 mm 1 cycle f= 0,02 Hz	$\pm 22,5$ mm 1 cycle f= 0,02 Hz	± 25 mm 1 cycle f= 0,02 Hz	$\pm 27,5$ mm 1 cycle f= 0,02 Hz
Déplacement dynamique	± 15 mm 20 cycles f= 0,2 Hz	$\pm 17,5$ mm 20 cycles f= 0,2 Hz	± 20 mm 20 cycles f= 0,2 Hz	$\pm 22,5$ mm 20 cycles f= 0,2 Hz	± 25 mm 20 cycles f= 0,2 Hz	$\pm 27,5$ mm 20 cycles f= 0,2 Hz
Déplacement statique	± 15 mm 1 cycle f= 0,02 Hz	$\pm 17,5$ mm 1 cycle f= 0,02 Hz	± 20 mm 1 cycle f= 0,02 Hz	$\pm 22,5$ mm 1 cycle f= 0,02 Hz	± 25 mm 1 cycle f= 0,02 Hz	$\pm 27,5$ mm 1 cycle f= 0,02 Hz

	Phases					
	3	3a	4	2a	5	6c
Déplacement statique	± 30 mm 1 cycle f= 0,02 Hz	± 35 mm 1 cycle f= 0,02 Hz	± 40 mm 1 cycle f= 0,02 Hz	+45/-40 mm 1 cycle f= 0,02 Hz	+50/-40 mm 1 cycle f= 0,02 Hz	+60/-40 mm 1 cycle f= 0,02 Hz
Déplacement dynamique	± 30 mm 20 cycles f= 0,2 Hz	± 35 mm 20 cycles f= 0,2 Hz	± 40 mm 20 cycles f= 0,2 Hz	+45/-40 mm 20 cycles f= 0,2 Hz	+50/-40 mm 20 cycles f= 0,2 Hz	+60/-40 mm 20 cycles f= 0,2 Hz
Déplacement statique	± 30 mm 1 cycle f= 0,02 Hz	± 35 mm 1 cycle f= 0,02 Hz	± 40 mm 1 cycle f= 0,02 Hz	+45/-40 mm 1 cycle f= 0,02 Hz	+50/-40 mm 1 cycle f= 0,02 Hz	+60/-40 mm 1 cycle f= 0,02 Hz

7. INSTRUMENTATION DES MAQUETTES :

1) Maquette n°1 :

La maquette était instrumentée par 11 jauges de contrainte et 16 capteurs de déplacements horizontaux.

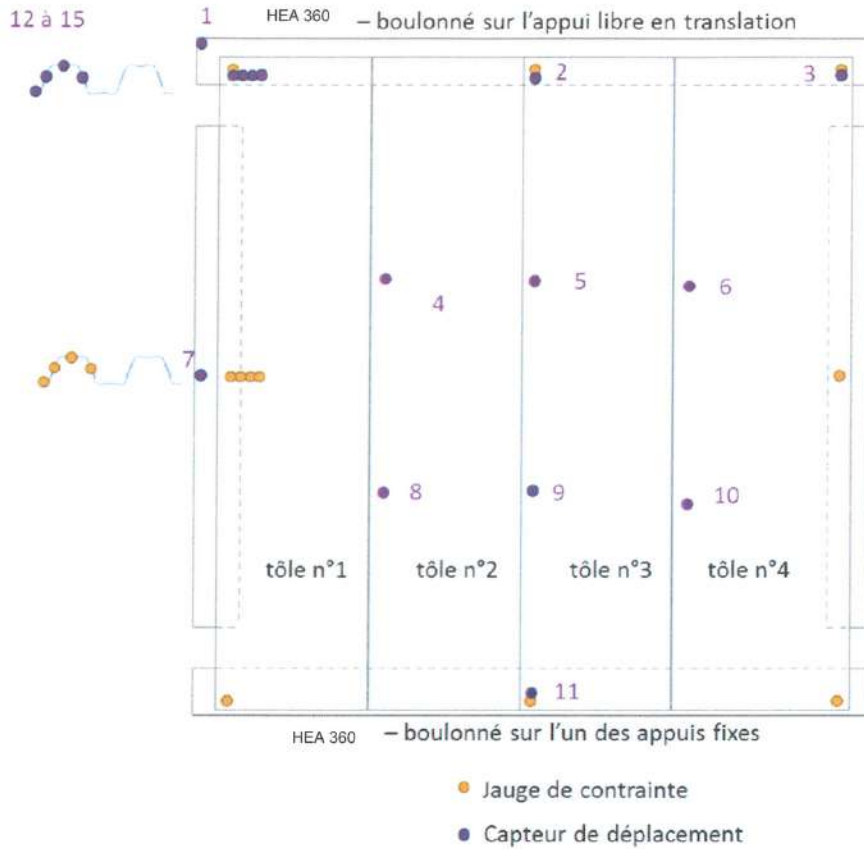


Figure 5 : Instrumentation de la maquette n°1

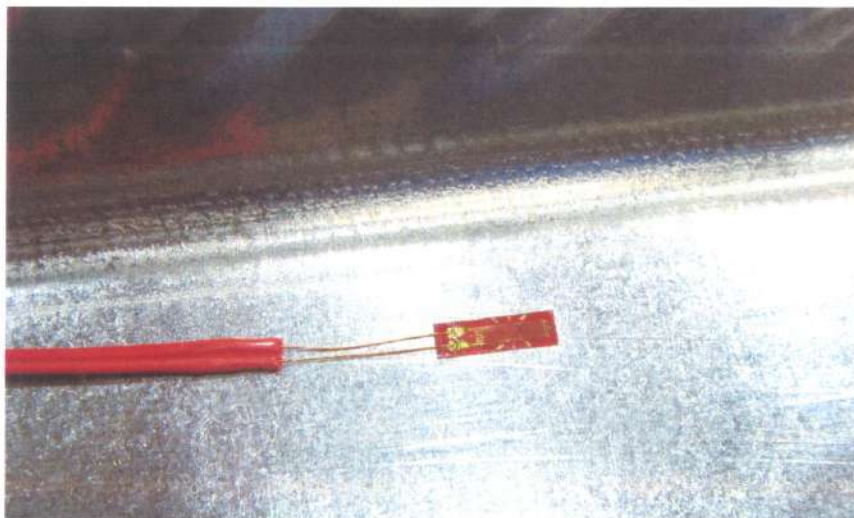


Photo 17 : Détail du collage d'une jauge de contrainte

2) **Maquette n°3 :**

La maquette était instrumentée par 8 jauges de contrainte et 16 capteurs de déplacements horizontaux.

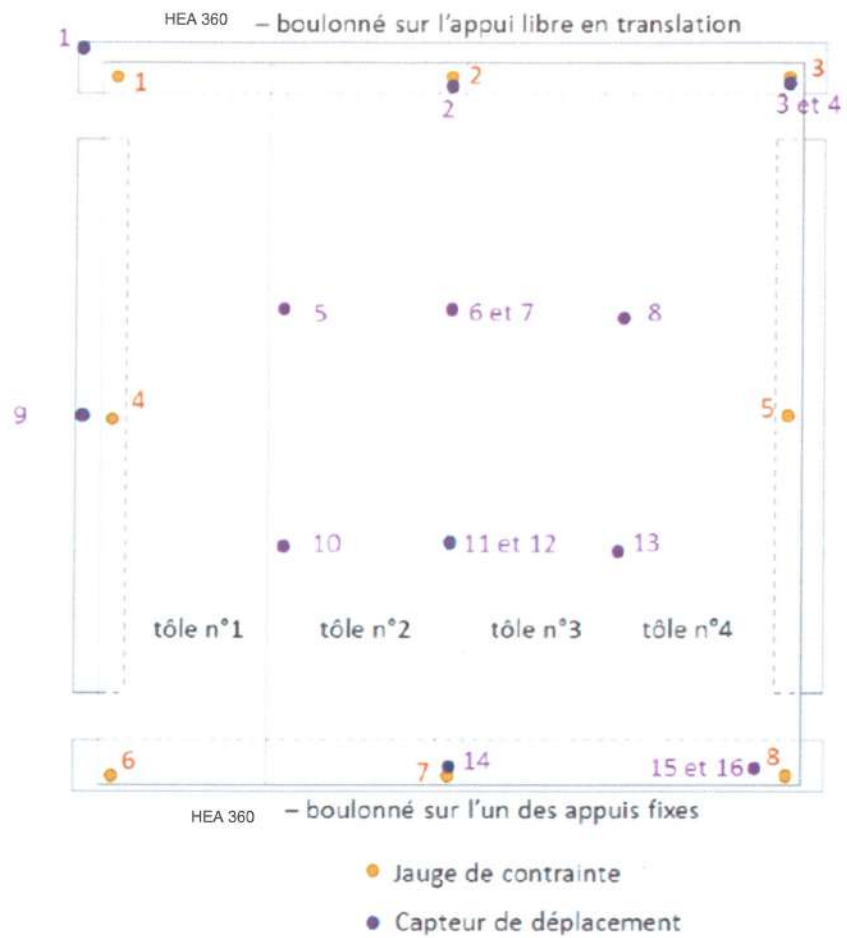


Figure 6 : Instrumentation des maquettes n°2 et 3

3) **Maquette n°4 :**

La maquette était instrumentée par 12 jauges de contrainte et 16 capteurs de déplacements horizontaux.

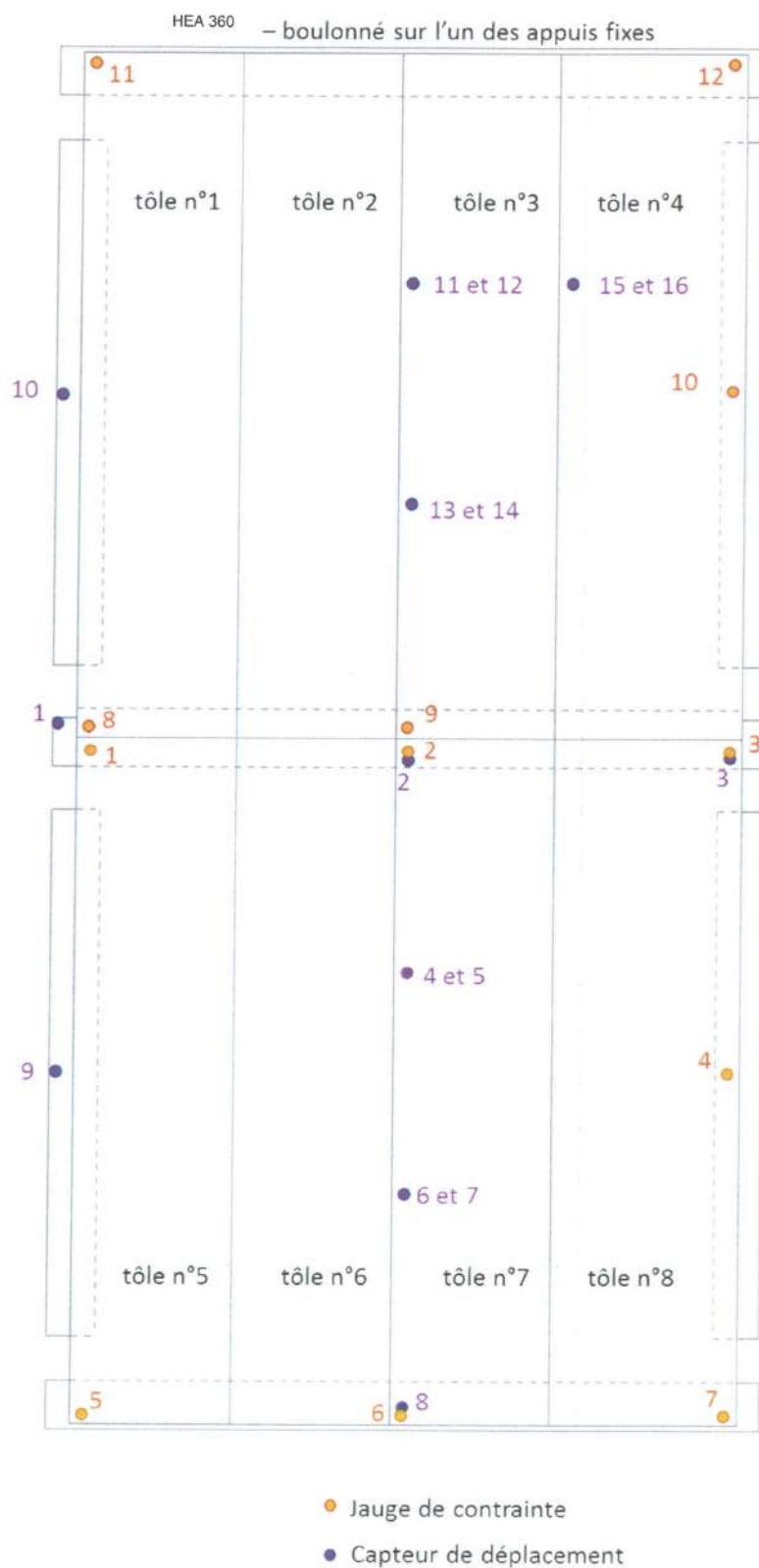


Figure 7 : Instrumentation de la maquette n°4

8. RESULTATS DES ESSAIS :

1) Relevé géométrique du bac PCB 60 PP :

La fiche technique du bac PCB 60 PP est jointe en annexe 3.

Les relevés géométriques sont joints dans le tableau ci-dessous :

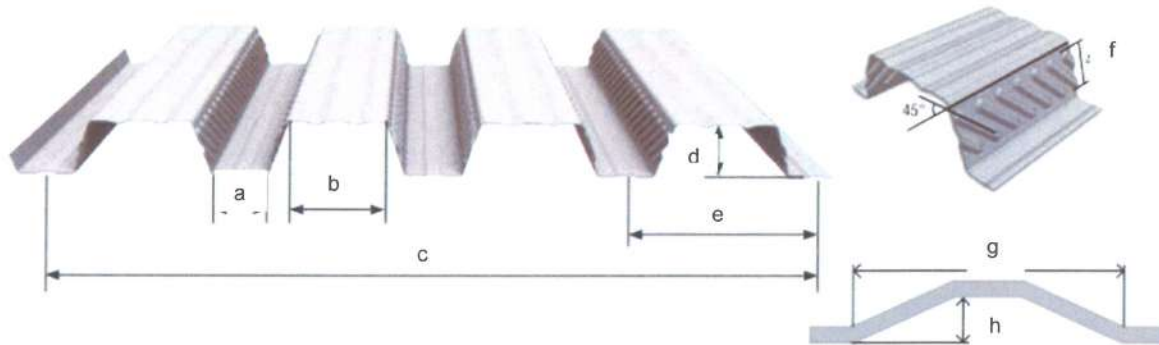


Figure 8 : Détail des cotes relevées du bac

Grandeur	a	b	c	d	e	f	g	h
Valeur mesurée (mm)	60	107	828	59,80	206	40,98	13	2,4
Valeurs nominales (mm)	61	107	828	60	207	40	12	2,2

2) Essais de caractérisation mécanique des bacs PCB 60 PP :

Méthode d'essais : A1 233 de la norme NF EN ISO 6892-1 :2016

Type d'éprouvette : produits minces de type 1 usinés selon l'annexe B de cette même norme.

Type d'échantillon	θ (°C)	Dimensions (mm)	S_0 (mm ²)	L_0 (mm)	$R_{p0,2}$ (MPa)	R_m (MPa)	$A_{\%}$ (%)
Bac BCB 60 PP	21,5	12,51 x 0,73	9,13	50	332	395	23,6

3) Essais de caractérisation mécanique des barres à béton :

Méthode d'essais : A1 233 de la norme NF EN ISO 6892-1 :2016

Type d'éprouvette : selon l'annexe D de cette même norme.

Type d'échantillon	θ (°C)	Diamètre (mm)	S_0 (mm ²)	L_0 (mm)	$R_{p0,2}$ (MPa)	R_m (MPa)	A_{gt} (%)
Treillis soudé ST25	21,5	7,0	38,48	35	515	623	5,2
Barre HA 14	21,6	14,0	307,88	70	537	652	3,8

4) Essais de caractérisation mécanique du béton :

Les essais de résistance en compression ont été réalisés sur cylindres selon les modalités de la norme NF EN 12390-3.

Le tableau ci-dessous illustre les résultats obtenus :

Référence de l'éprouvette	Date de l'essai	Echéance (jours)	Contrainte de rupture (MPa)	Contrainte de rupture moyenne (MPa)
1	16/08/2019	7	29,0	/
2	23/08/2019	14	28,8	/
3	06/09/2019	28	35,6	/
4	10/09/2019 (maquette n°4)	32	33,9	33,8
5			34,5	
6			33,4	
7			33,2	
8	24/09/2019	46	34,7	34,3
9			32,3	
10			35,9	

5) **Maquette n°1 (chargement statique) :**

PREAMBULE

Détermination de la rigidité G' du diaphragme :

On détermine la rigidité G' du plancher avec la relation :

$$G' = (F \times a) / (b \times \Delta)$$

- Avec :
- b Longueur de la maquette (m)
 - a Largeur de la maquette (m)
 - Δ Déplacement de la maquette dans l'axe du vérin (m)
 - F Effort nécessaire à l'application du déplacement Δ (kN)

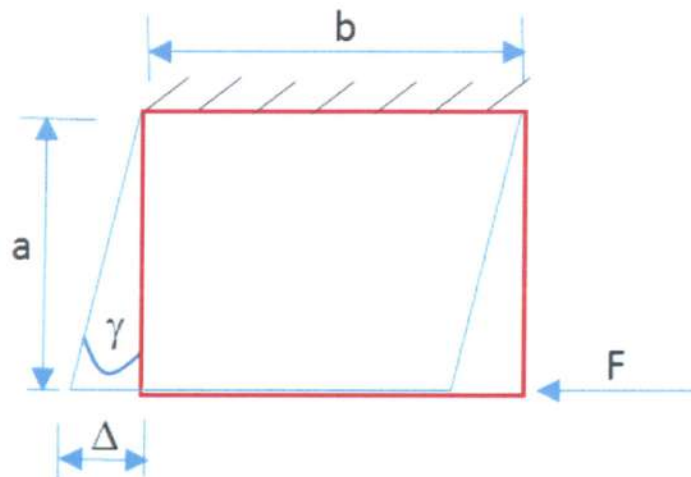


Figure 9 : Détermination de la rigidité G'

Détermination de la capacité résistante V_{Rd} par ligne d'appuis :

La capacité résistante $V_{Ed \max}$ est lue sur la courbe V_{Ed} – distorsion (cf figure ci-dessous). V_{Ed} est établie par la force F appliquée au vérin. On a $V_{Ed} = V_{Rd}$ si une ruine est obtenue à la fin des déplacements maximums imposés.

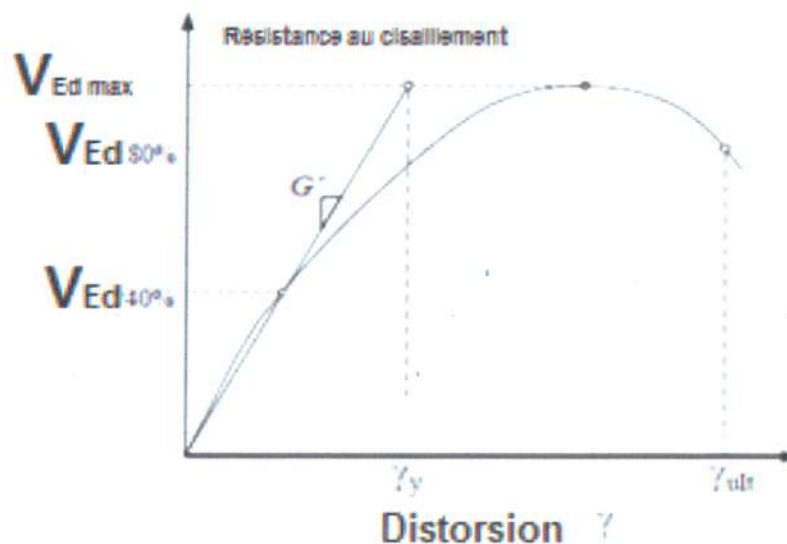


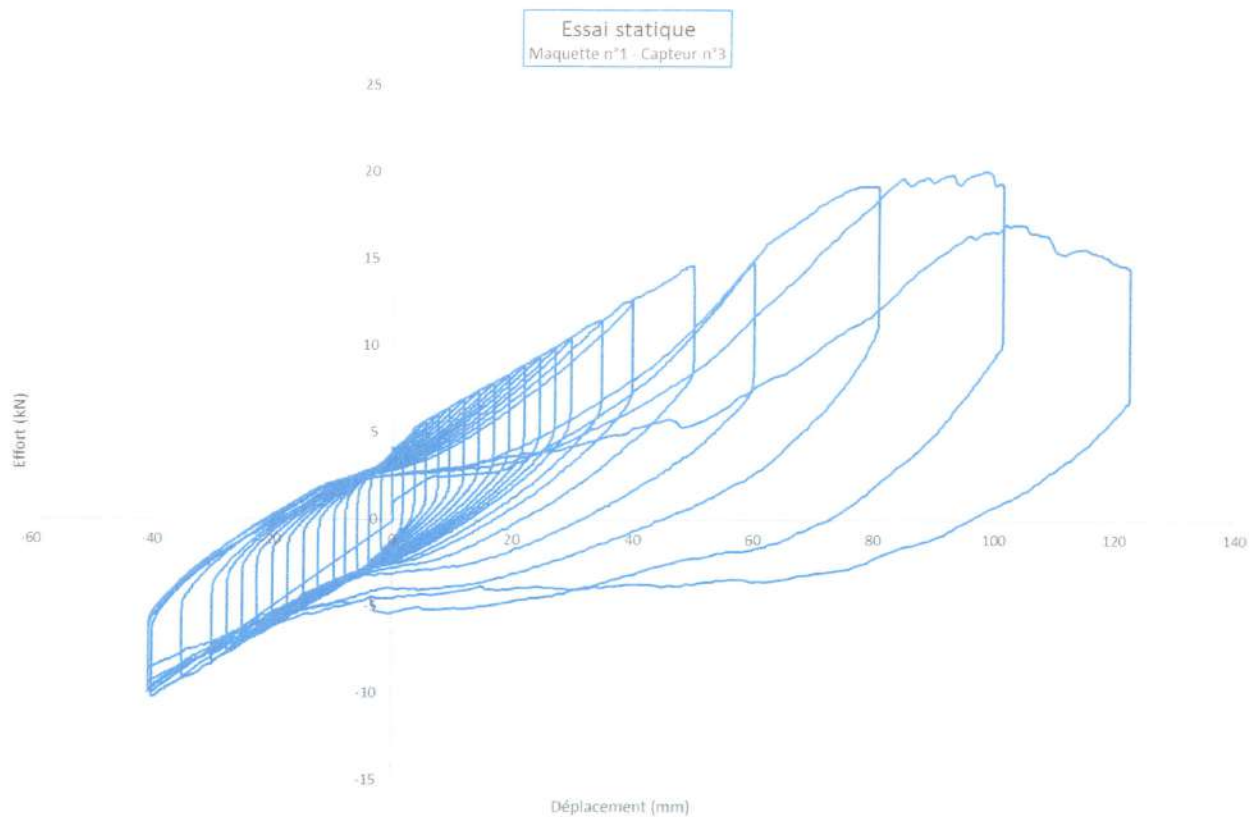
Figure 10 : Détermination de la capacité résistante V_{Rd}

Avec la distorsion γ

$$\gamma = \frac{\Delta}{a} \text{ (cf figure 9)}$$

L'intégralité des courbes obtenue lors de l'essai est jointe en annexe 4.

La courbe ci-dessous illustre les résultats d'essais obtenus :



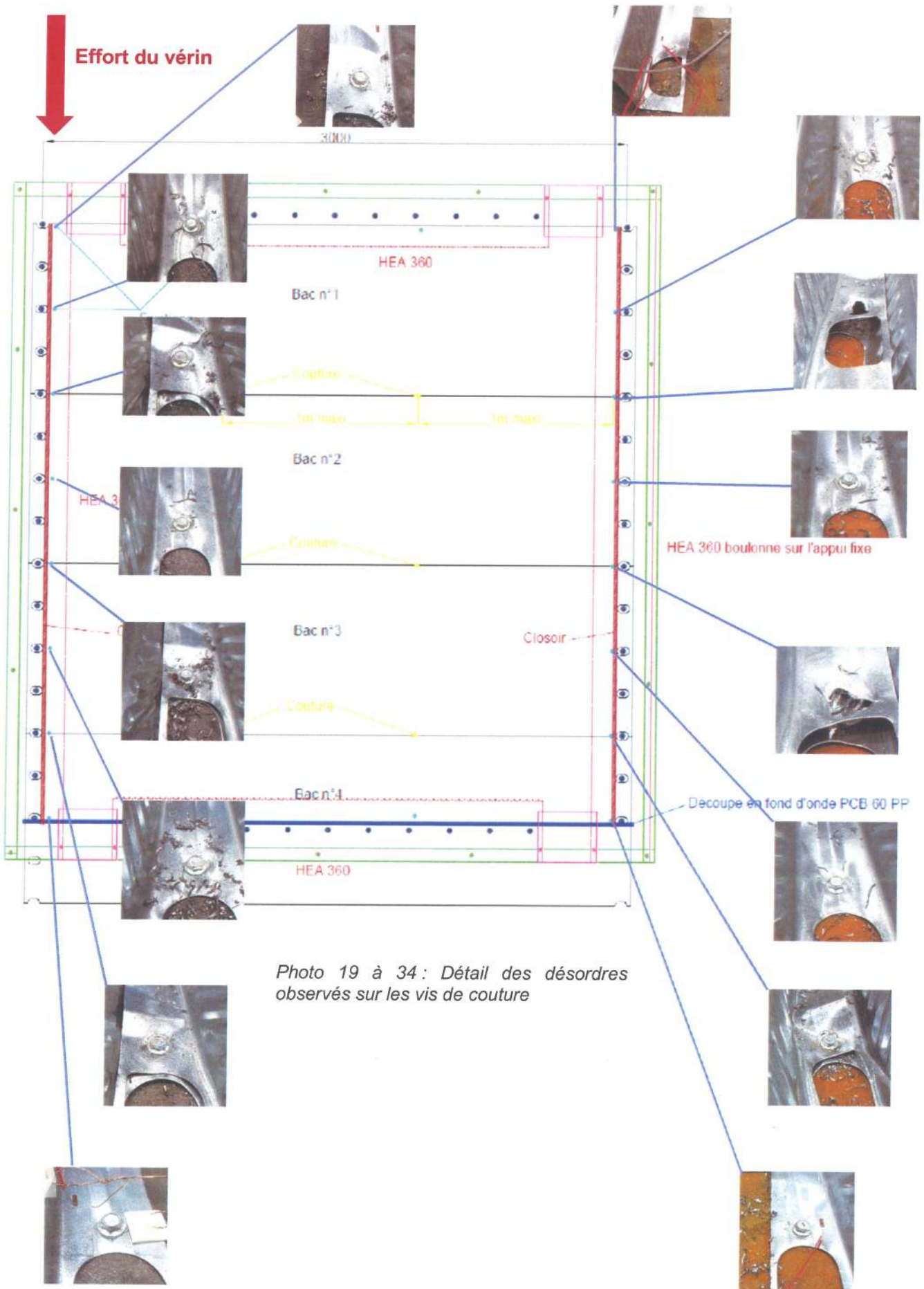
La ruine du système a été obtenue à un effort ultime de 20,0 kN pour un déplacement appliqué de 98 mm.

La courbe globale d'essai montre une plastification du système pour un effort supérieur à 15 kN.

La ruine est survenue par déboutonnage des vis de fixation au niveau de recouvrements et par arrachement des vis de couture. Les déboutonnages des vis de fixation ont été observés sur la poutre fixe du système d'essais.

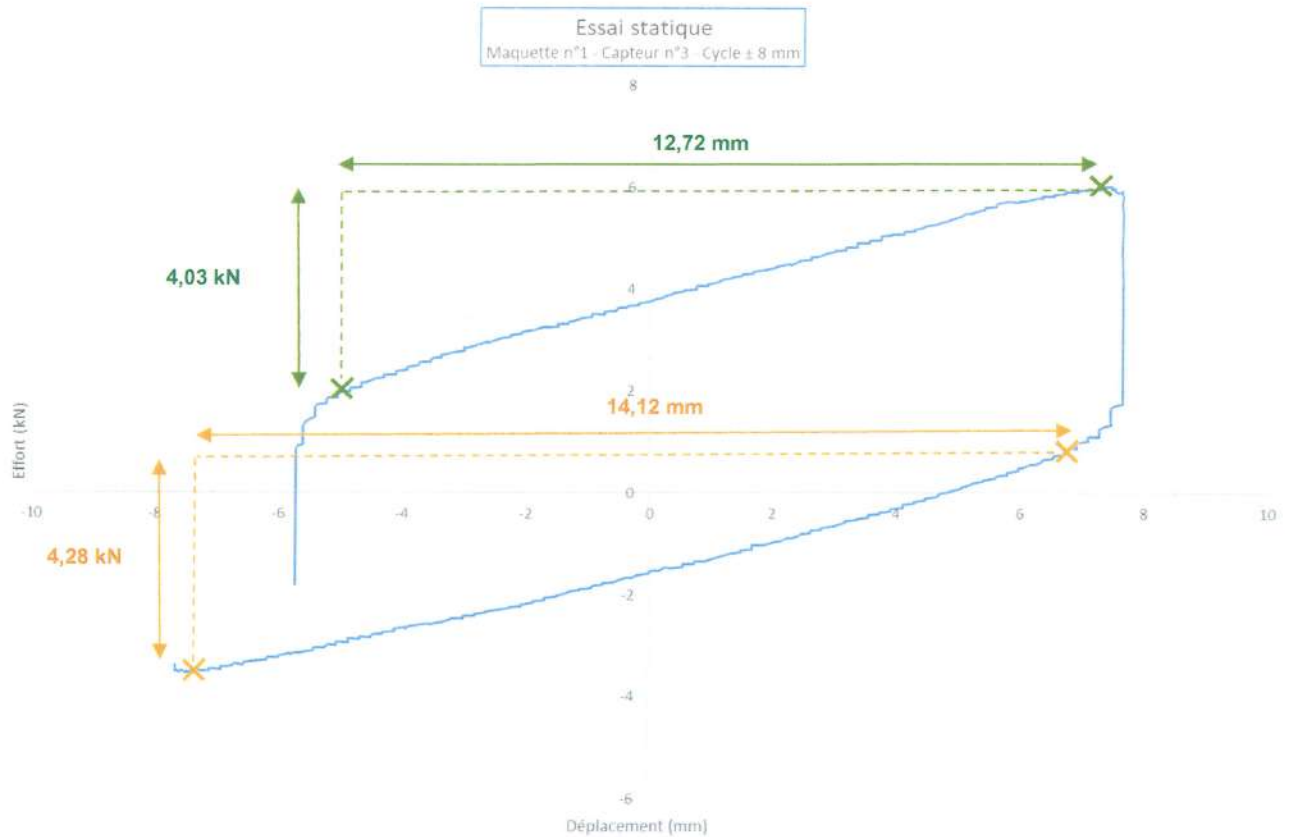


Photo 18 : Détail de l'arrachement des vis de couture



Calcul de la rigidité G' du diaphragme :

La rigidité G' du diaphragme est calculée à partir du graphique suivant (cycle ± 8 mm, capteur 3).



Les valeurs nécessaires au calcul des paramètres sont données dans le tableau ci-dessous :

		a (mm)	b (mm)	Δ (mm)	F(kN)	G' (kN/mm)
Maquette n°1	Sens positif	3 000	3 000	12,72	4,03	0,32
	Sens négatif	3 000	3 000	14,12	4,28	0,30
G' moyen						0,31

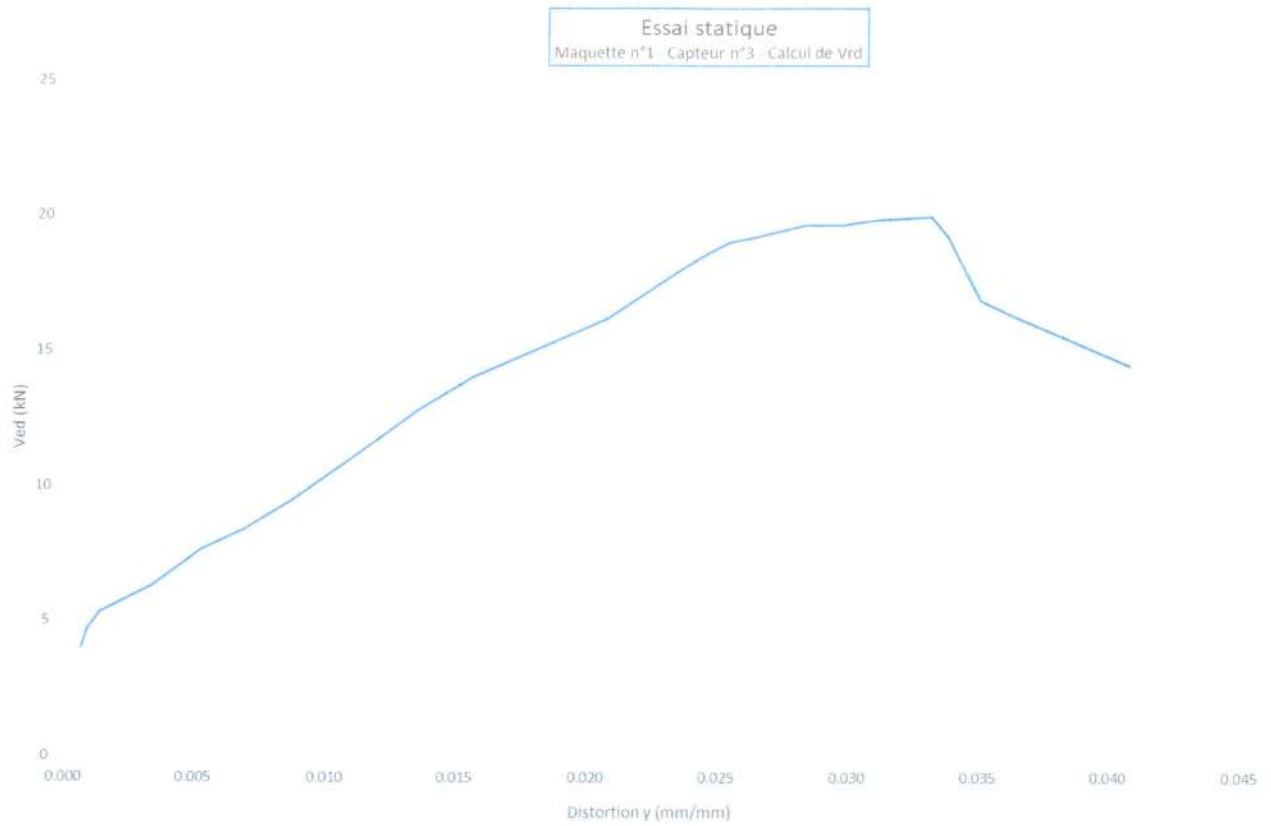
Exemple de calcul de la rigidité G' :

$$F = 4,03 \text{ kN} \quad a = b = 3\,000 \text{ mm} \quad \Delta = 12,72 \text{ mm}$$

$$G' = \frac{4,03 \times 3000}{3000 \times 12,72} = 0,32 \text{ kN/mm}$$

Calcul de la capacité résistante V_{Rd} par ligne d'appuis :

La capacité V_{rd} est déterminée graphiquement sur la courbe ci-dessous :



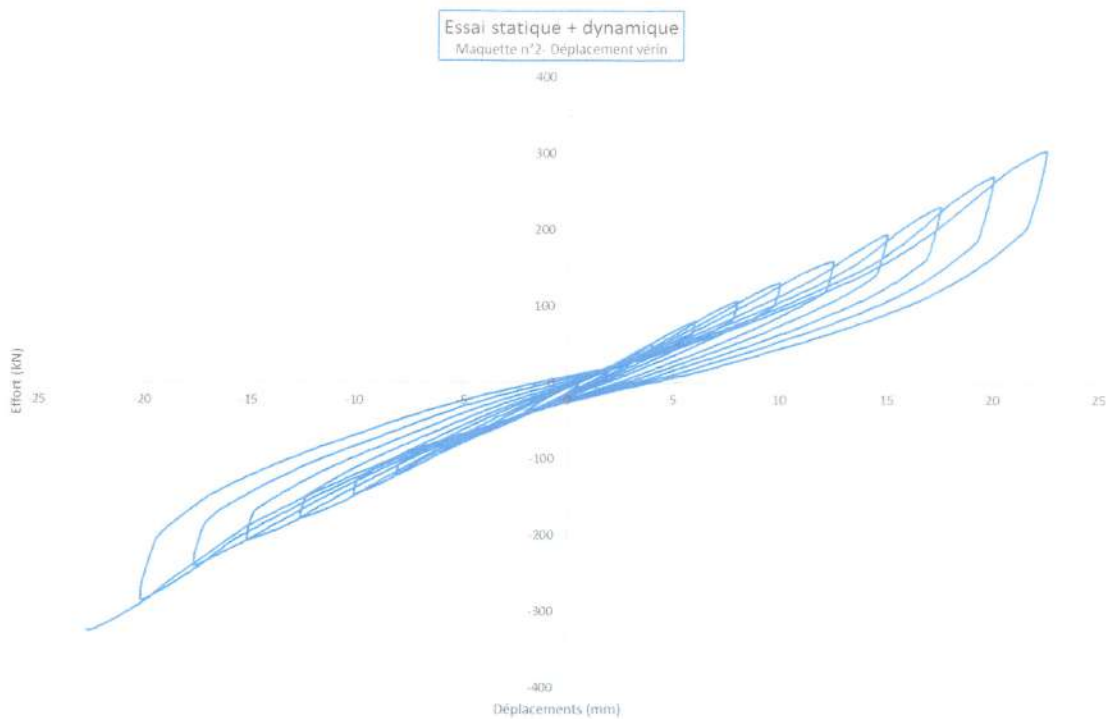
On a donc :

$V_{rd} = 20,0 \text{ kN}$

6) Maquette n°2 (chargement statique) :

La réalisation de l'essai n°2 nous a permis d'extraire le comportement statique de l'éprouvette constituée d'un plancher en béton armé de dimension (3,0 x 3,0) m.

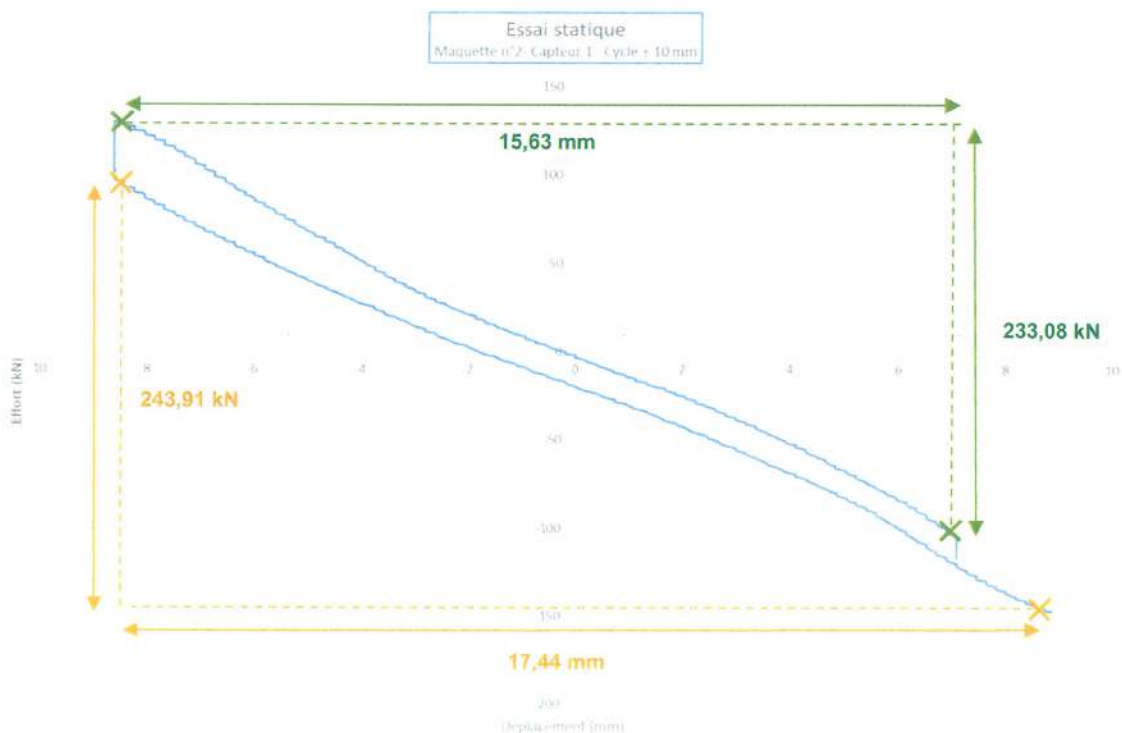
La courbe ci-dessous issue de l'essai n°3 illustre les résultats obtenus :



La ruine du système n'a pas été obtenue. En effet, la rigidité transversale du banc d'essai n'était pas suffisante pour permettre de poursuivre l'essai. L'effort maximum appliqué à la maquette était de 310 kN en chargement positif et de -325 kN en chargement négatif.

Calcul de la rigidité G' du diaphragme :

La rigidité G' du diaphragme est calculée à partir du graphique suivant (cycle ± 10 mm, capteur 1).



Les valeurs nécessaires au calcul des paramètres sont données dans le tableau ci-dessous :

		a (mm)	b (mm)	Δ (mm)	F(kN)	G' (kN/mm)
Maquette n°2	Sens positif	3 000	3 000	15,63	233,08	14,91
	Sens négatif	3 000	3 000	17,44	243,91	13,99
					G' moyen	14,45

Exemple de calcul de la rigidité G' :

$$F = 233,08 \text{ kN} \quad a = b = 3\,000 \text{ mm} \quad \Delta = 15,63 \text{ mm}$$

$$G' = \frac{233,08 \times 3000}{3000 \times 15,63} = 14,91 \text{ kN/mm}$$

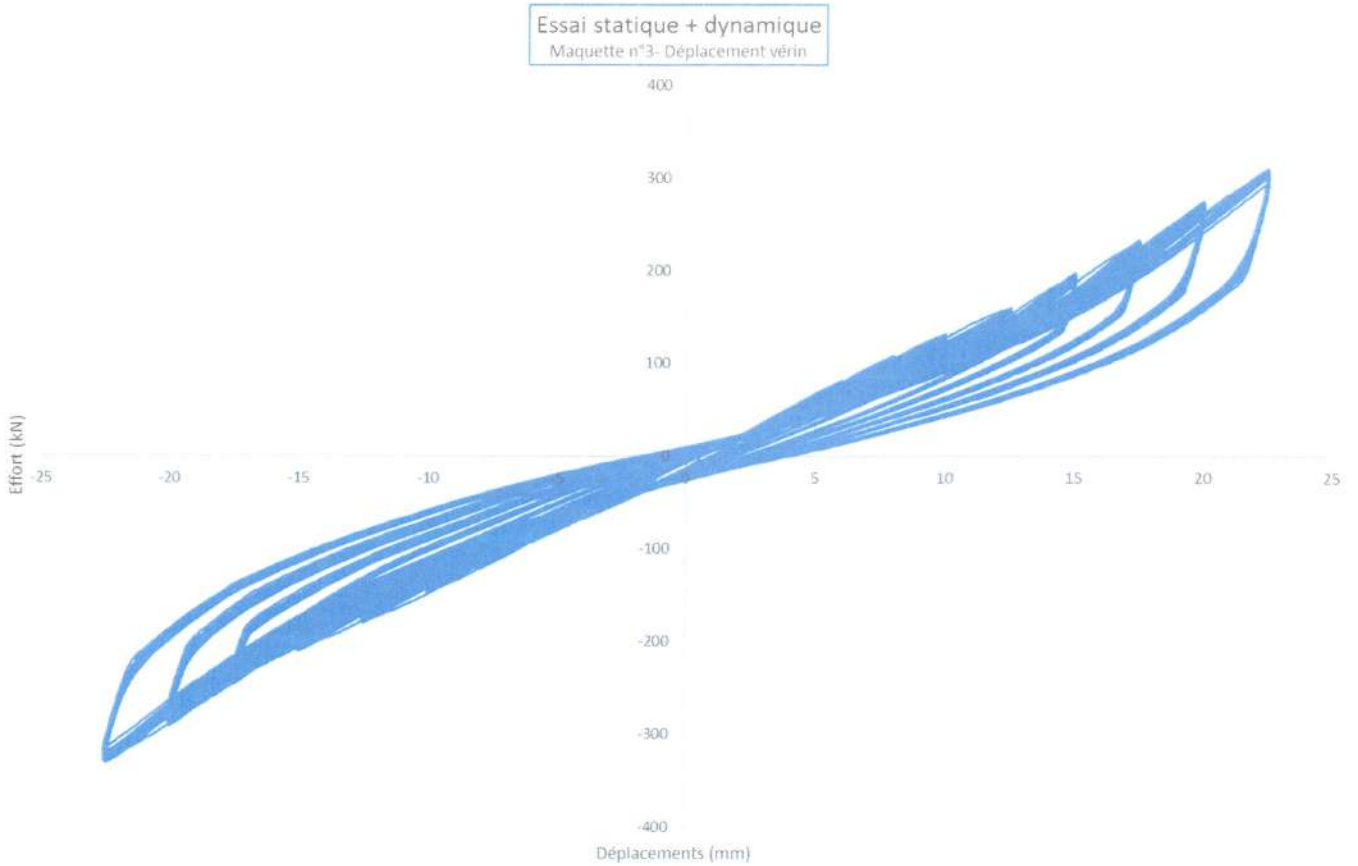
Calcul de la capacité résistante V_{Rd} par ligne d'appuis :

La capacité résistante ne peut pas être déterminée car la ruine de l'échantillon n'a pas été obtenue. L'effort maximum appliqué à l'échantillon a été mesuré à (+309,7 ; - 331,4) kN.

7) Maquette n°3 :

L'intégralité des courbes obtenue lors de l'essai est jointe en annexe 5.

La courbe ci-dessous illustre les résultats d'essais obtenus :



La ruine du système n'a pas été obtenue. En effet, la rigidité transversale du banc d'essai n'était pas suffisante pour permettre de poursuivre l'essai. L'effort maximum appliqué à la maquette était de 310 kN en chargement positif et de -325 kN en chargement négatif.

Les photographies ci-dessous illustrent la fissuration observée à l'issue de l'essai :



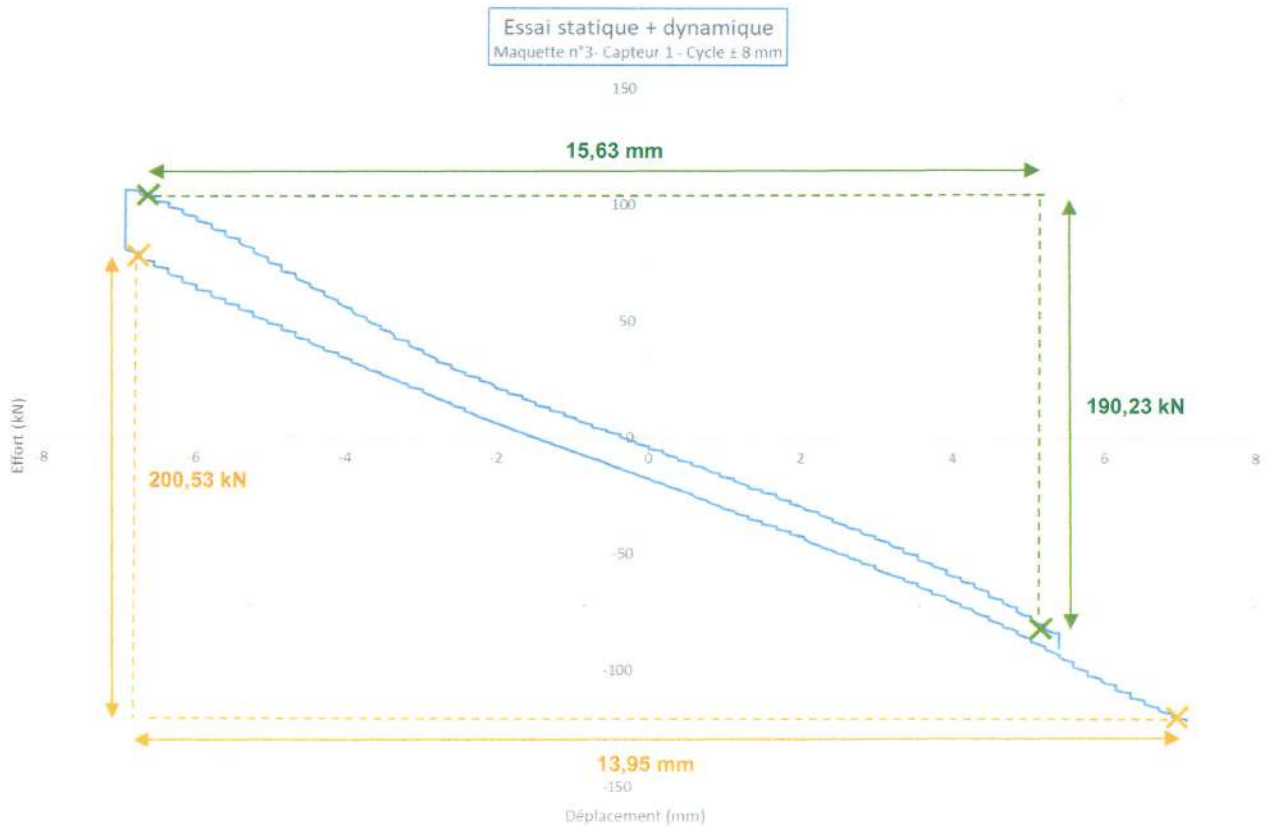
Photo 35 : Détail de la fissuration au niveau de l'application de l'effort



Photo 36 : Détail de la fissuration au niveau de l'appui fixe

Calcul de la rigidité G' du diaphragme :

La rigidité G' du diaphragme est calculée à partir du graphique suivant (cycle ± 8 mm, capteur 1).



Les valeurs nécessaires au calcul des paramètres sont données dans le tableau ci-dessous :

		a (mm)	b (mm)	Δ (mm)	F(kN)	G' (kN/mm)
Maquette n°3	Sens positif	3 000	3 000	12,28	190,23	15,49
	Sens négatif	3 000	3 000	13,95	200,53	14,37
					G' moyen	14,93

Exemple de calcul de la rigidité G' :

$$F = 190,23 \text{ kN} \quad a = b = 3\,000 \text{ mm} \quad \Delta = 12,28 \text{ mm}$$

$$G' = \frac{190,23 \times 3000}{3000 \times 12,28} = 15,49 \text{ kN/mm}$$

Calcul de la capacité résistante V_{Rd} par ligne d'appuis :

La capacité résistante ne peut pas être déterminée car la ruine de l'échantillon n'a pas été obtenue. L'effort maximum appliqué à l'échantillon a été mesuré à (+309,7 ; - 331,4) kN.

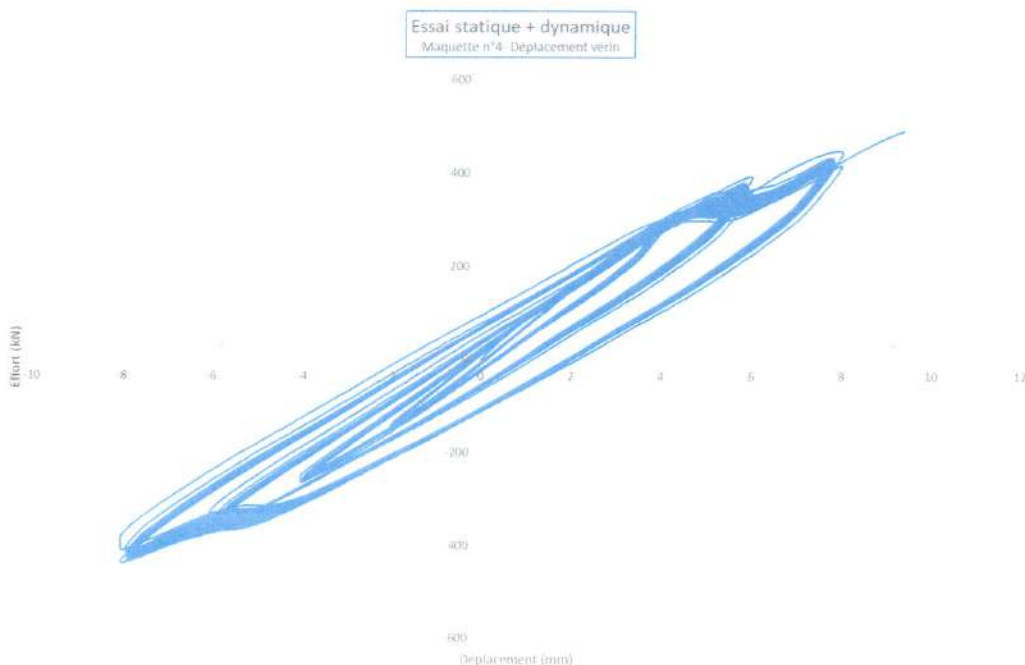
8) Maquette n°4 :

Les jauges de contraintes n°3 et 10 étaient non fonctionnelles au démarrage des essais.

Lors de la réalisation des essais, nous avons observés une déformation anormale du bâti d'essais, ce qui explique que les déplacements pilotés ne sont pas égaux aux déplacements observés sur la maquette d'essais.

L'intégralité des courbes est jointe en annexe 6.

Le graphique ci-dessous montre les déplacements pilotés en fonction des efforts mesurés :



La photographie ci-dessous illustre la fissuration observée avant l'essai (fissures de retrait) :

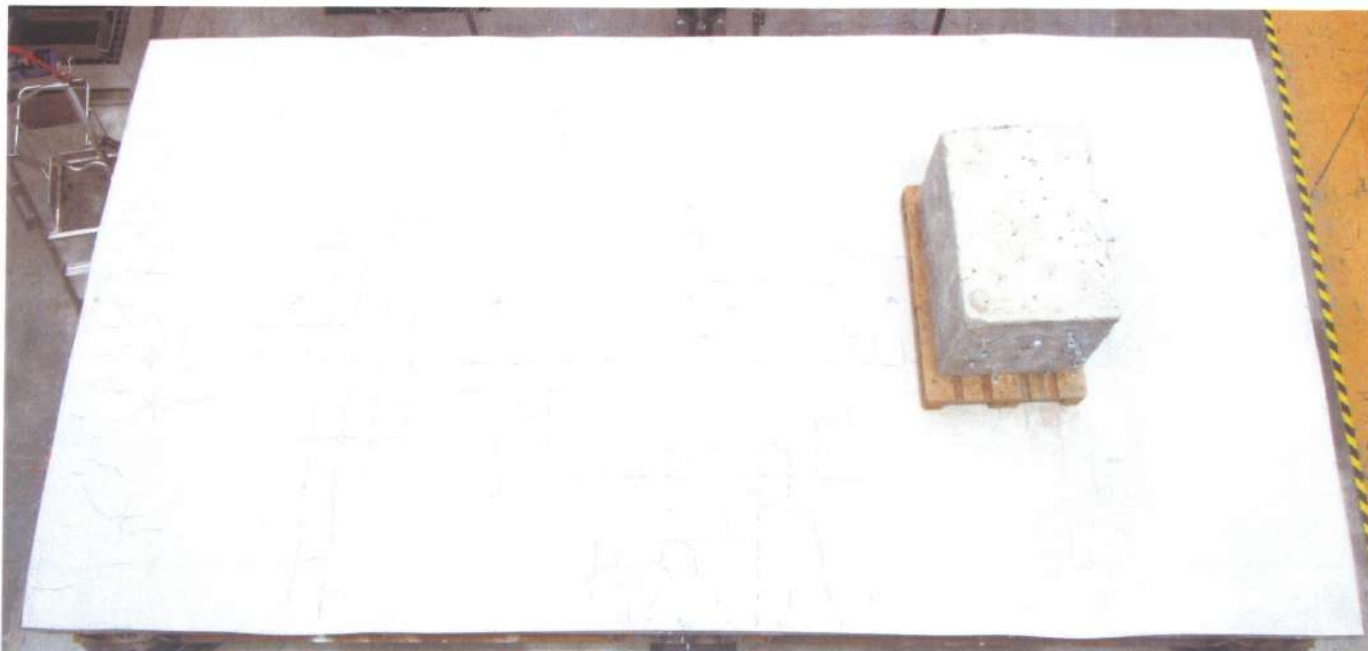


Photo 37 : Détail de la fissuration avant essai (fissures de retrait)

Les photographies ci-dessous illustrent la fissuration observée à l'issue de l'essai (traits rouge) :

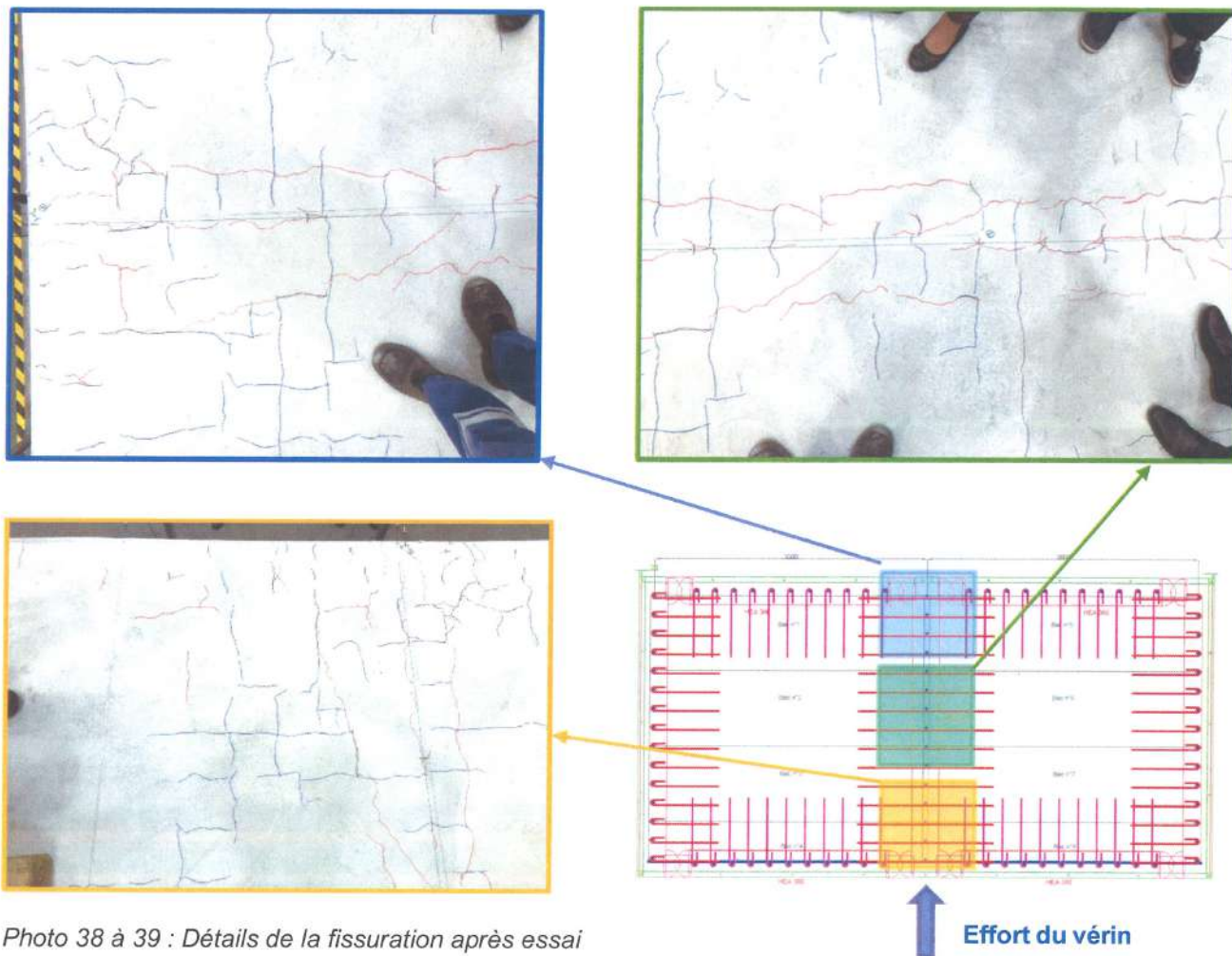
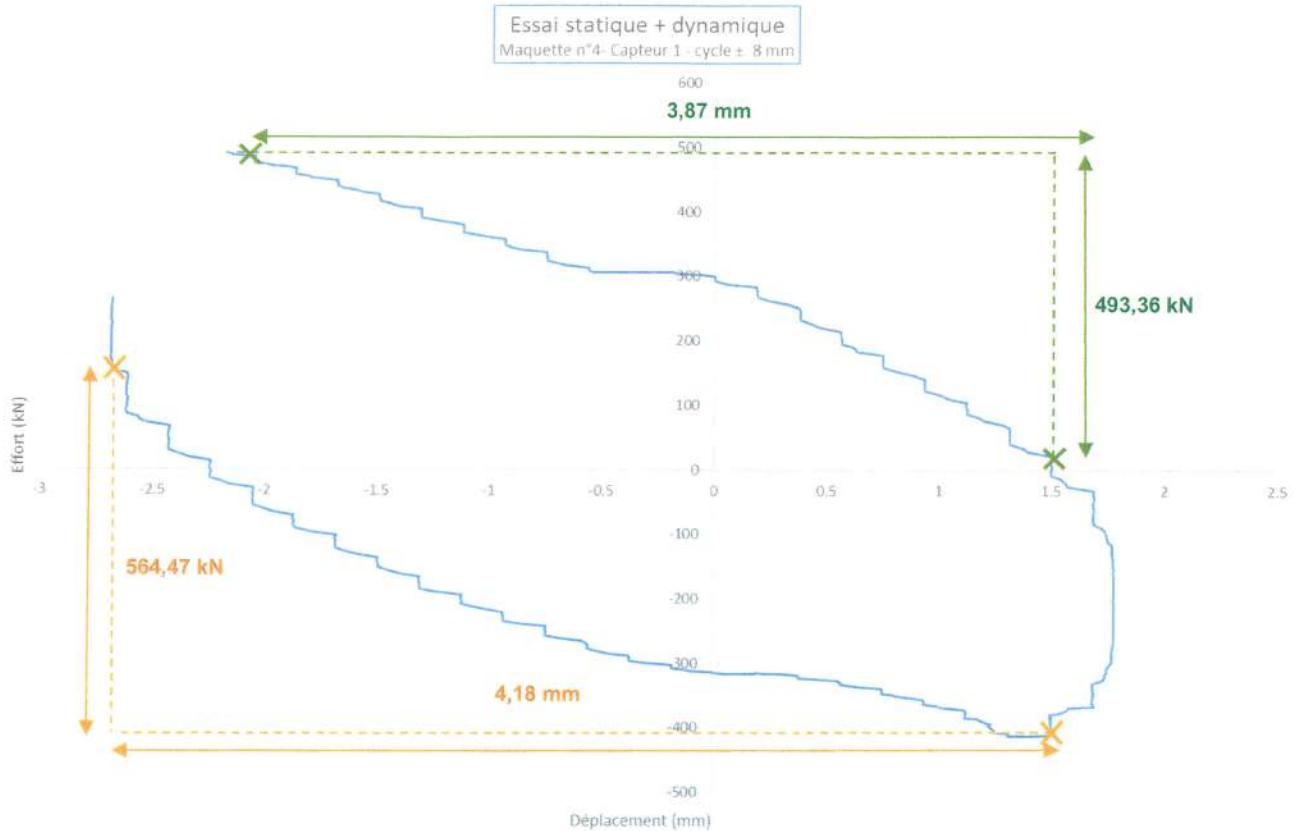


Photo 38 à 39 : Détails de la fissuration après essai

Calcul de la rigidité G' du diaphragme :

La rigidité G' du diaphragme est calculée à partir du graphique suivant (cycle ± 8 mm au vérin, capteur 1).



Les valeurs nécessaires au calcul des paramètres sont données dans le tableau ci-dessous :

		a (mm)	b (mm)	Δ (mm)	F/2(kN)	G' (kN/mm)
Maquette n°4	Sens positif	3 000	3 000	3,87	246,68	63,74
	Sens négatif	3 000	3 000	4,18	282,24	67,52
					G' moyen	65,63

Exemple de calcul de la rigidité G' :

$$F = 246,68 \text{ kN} \quad a = b = 3\,000 \text{ mm} \quad \Delta = 3,87 \text{ mm}$$

$$G' = \frac{246,68 \times 3000}{3000 \times 3,87} = 63,74 \text{ kN/mm}$$

Calcul de la capacité résistante V_{Rd} par ligne d'appuis :

La capacité résistante ne peut pas être déterminée car la ruine de l'échantillon n'a pas été obtenue. L'effort maximum appliqué à l'échantillon a été mesuré à (+489,5 ; - 439,4) kN.

9. RECAPITULATIF :

La tableau ci-dessous récapitule les résultats obtenus :

	Dimensions	Sollicitation	Déplacement maximum horizontal (mm)	Rigidité $G^{(1)}$ (kN/mm)	capacité résistante V_{Rd} (kN)
Maquette n°1 (Bac seul)	(3,0 x 3,0) m	Quasi statique	(-40,34 ; 122,44)	0,31	20,0
Maquette n°2⁽²⁾ (Plancher béton)	(3,0 x 3,0) m	Quasi statique	(-19,06 ; 20,01)	14,45	Valeur minimale : 331,4
Maquette n°3 (Plancher béton)	(3,0 x 3,0) m	Dynamique	(-19,06 ; 20,01)	14,93	Valeur minimale : 331,4
Maquette n°4 (Plancher béton)	(6,0 x 3,0) m	Dynamique	(-2,68 ; 2,07)	65,63	Valeur minimale : 489,5

⁽¹⁾ Donnée déterminée en comportement élastique.

⁽²⁾ Données issues de l'essai réalisé sur la maquette n°3.

Les données récapitulées dans ce tableau ont été calculées en considérant un bac en acier sur 2 appuis fixé à la structure par des vis de diamètre 6,3 mm (fixation une nervure sur deux).

Arnaud MESPOULLÉ
Chef de service LEEMS



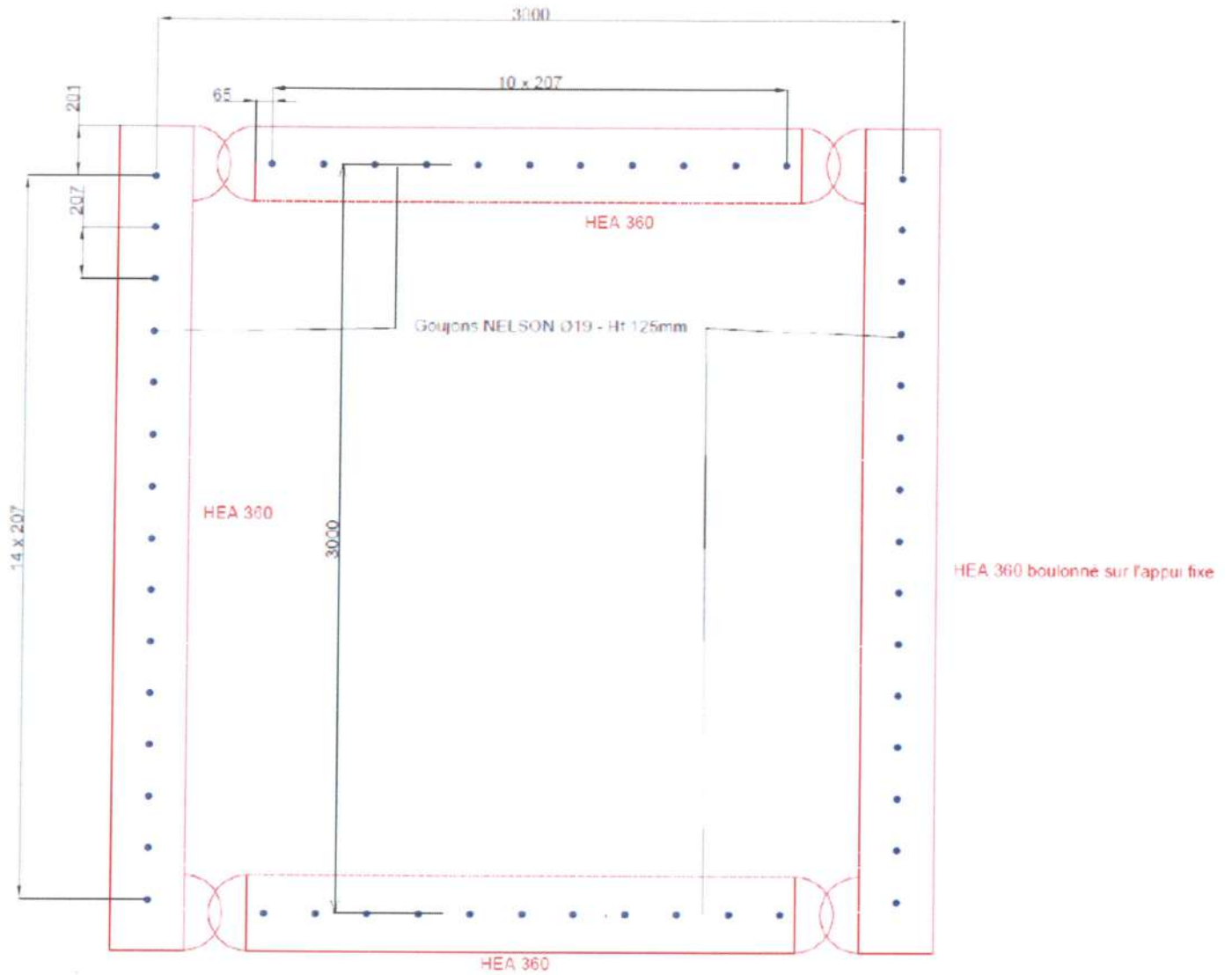
Aurélien GAUDRON
Responsable du département
Enveloppe du Bâtiment



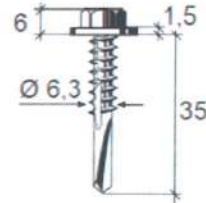
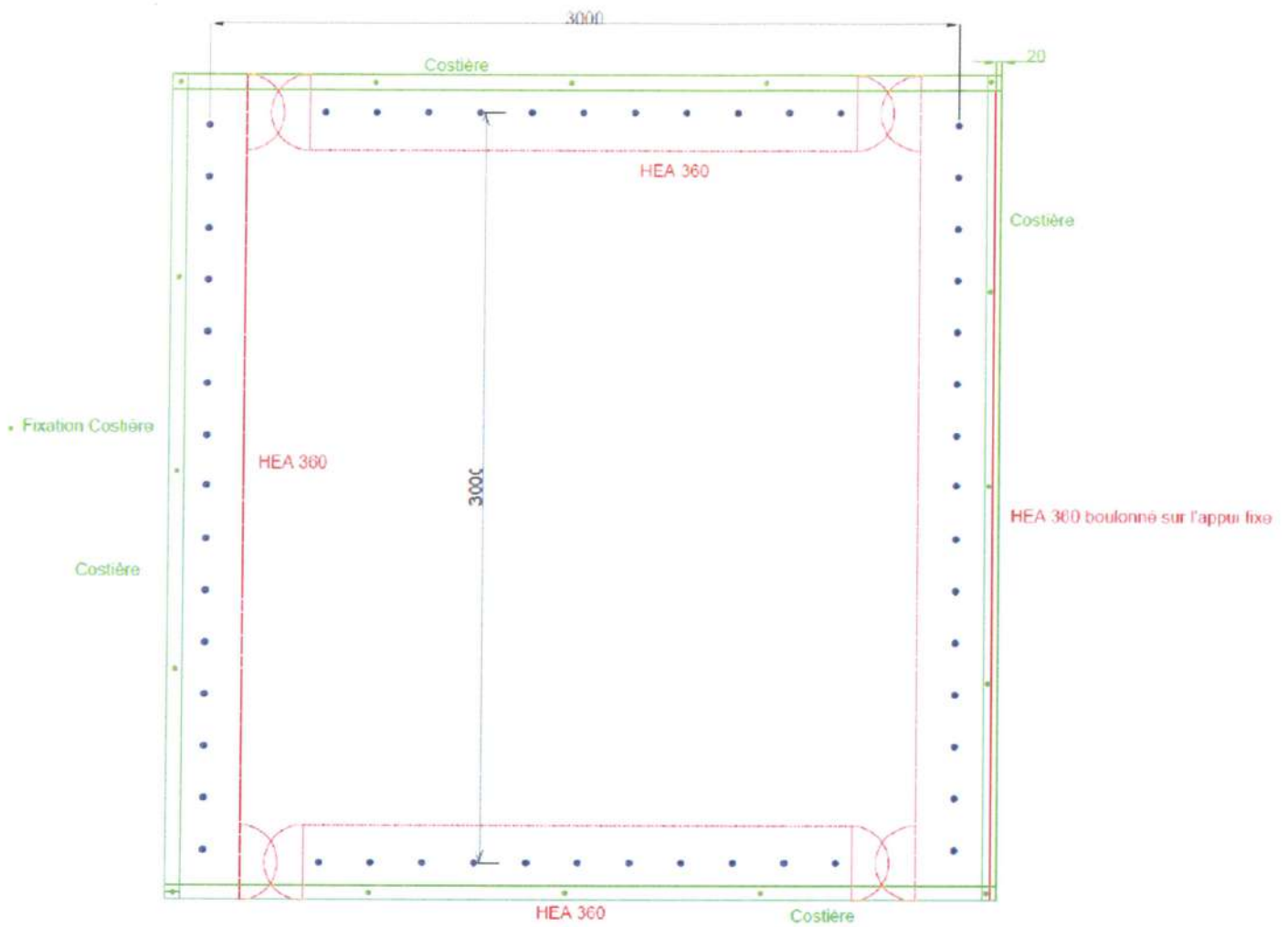
ANNEXE 1

Plans de calepinage des maquettes 1,2 et 3 (3 x 3) m

Détail de la structure d'accueil :

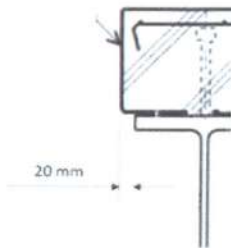


Détail de la pose des costières :

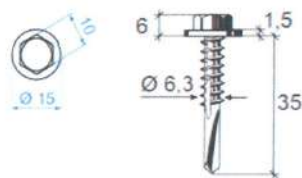
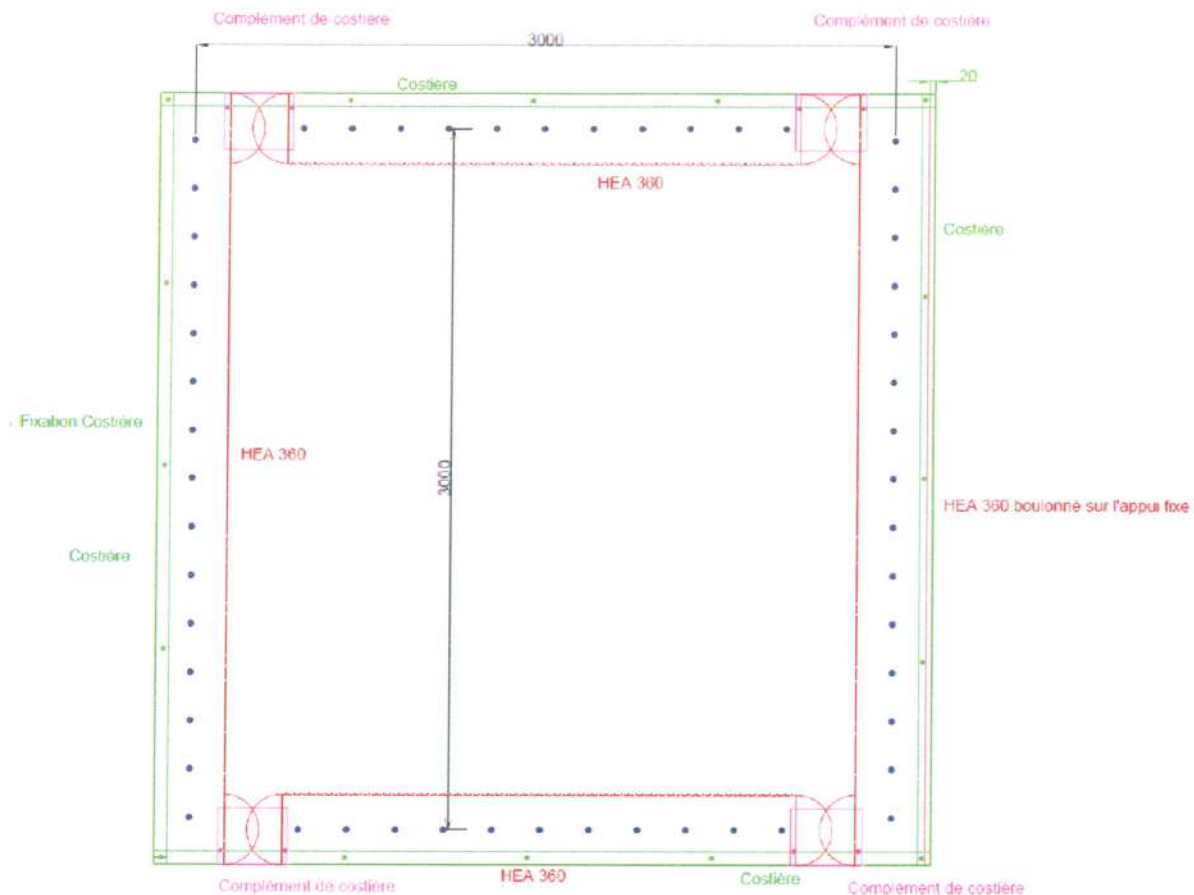


Vue de côté Costière

La fixation des costières se fait à l'aide de vis 6,3x35



Détail de la pose des compléments de costières :

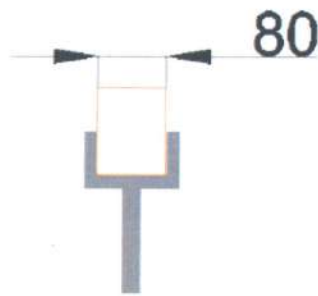
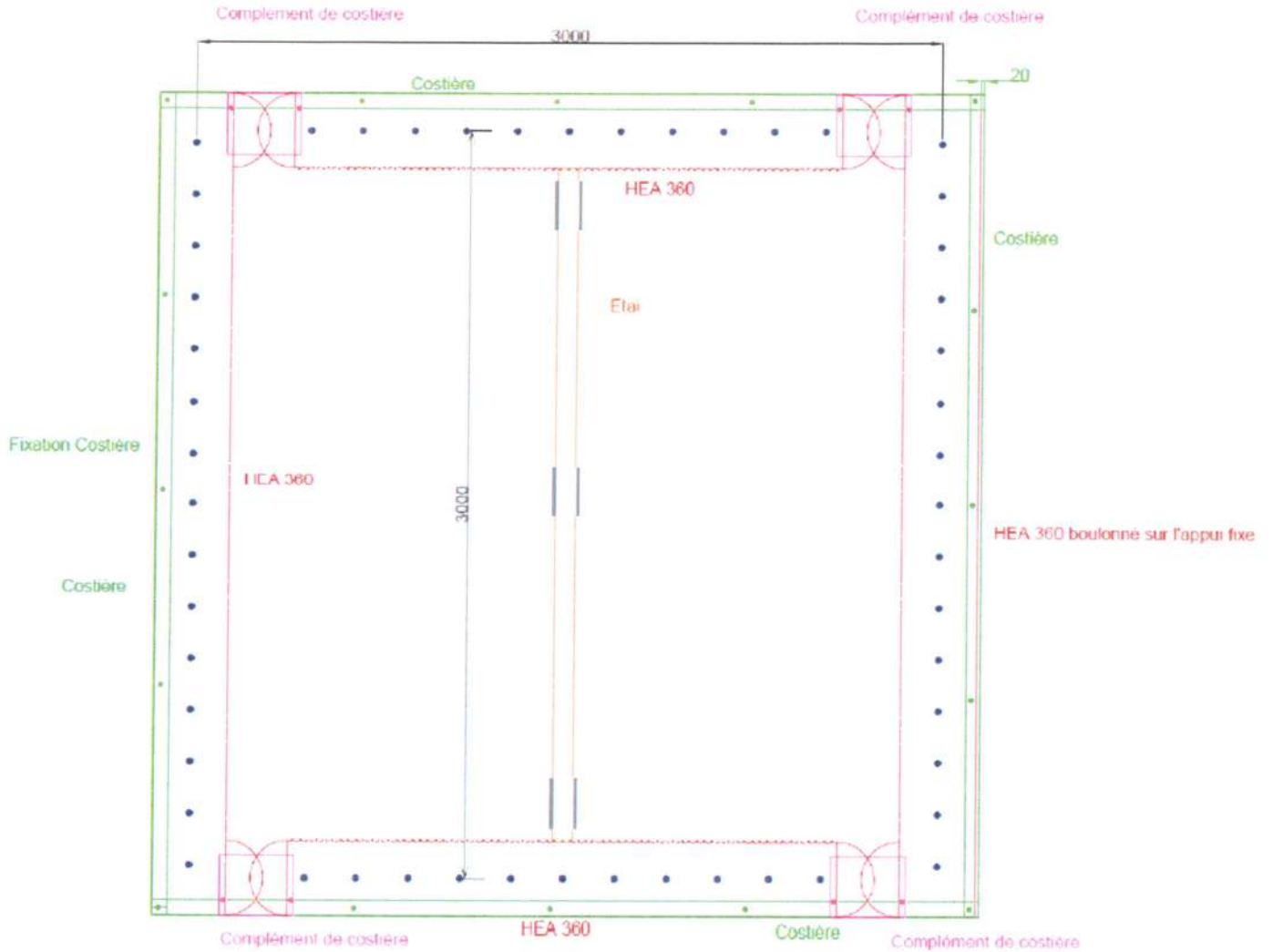


La fixation des compléments de costières se fait à l'aide de vis 6,3x35



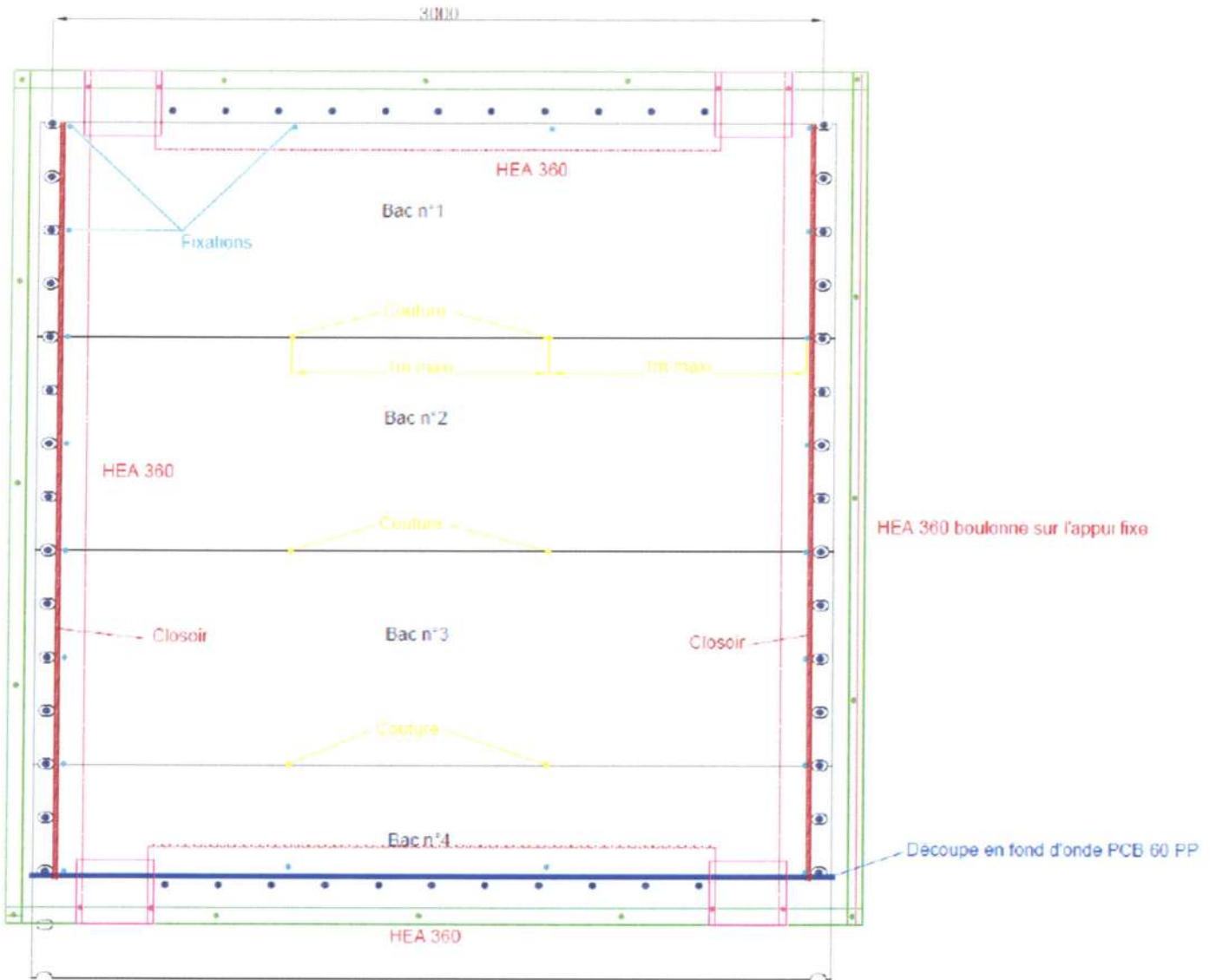
Montage Complément de costière

Détail de la pose des étais

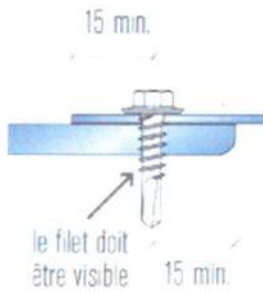


Vue de côté Etau

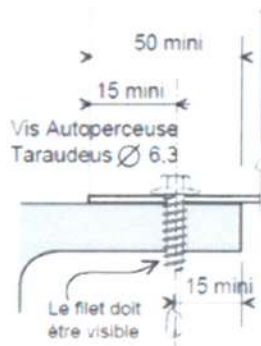
Détail de la pose des bacs :



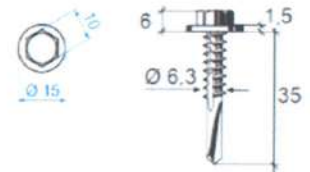
Découpe en fond d'onde PCB 60 PP



Fixation du coffrage sur appuis transversaux.



Fixation du coffrage sur appuis en rive longitudinale.



La fixation des bacs se fait à l'aide de vis 6,3x35

Les coutures des bacs se fait à l'aide de vis 4,8x25

Détail de la pose des closoirs :

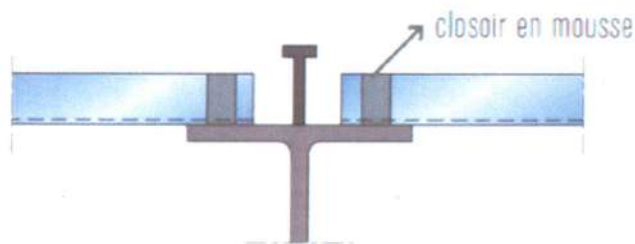
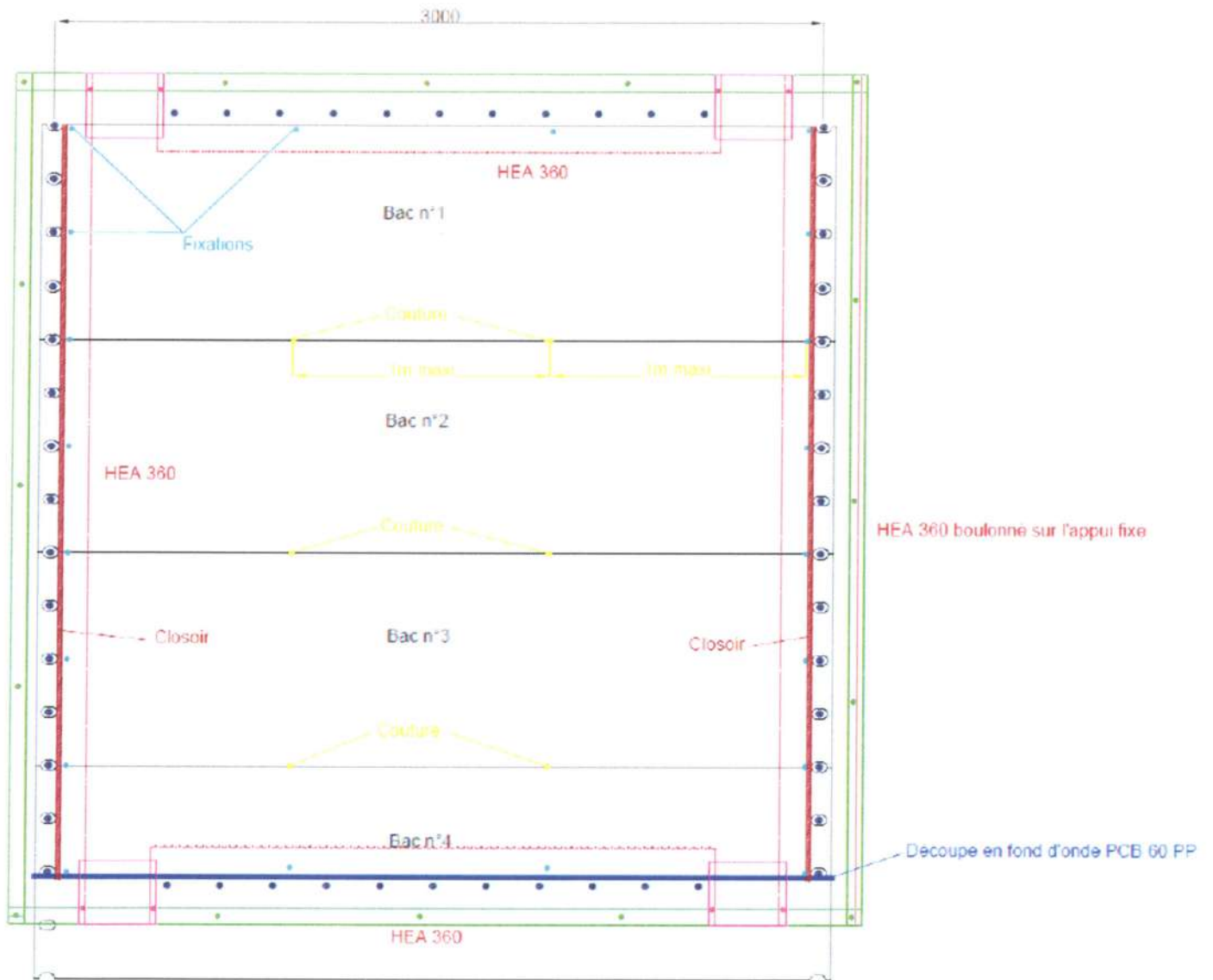
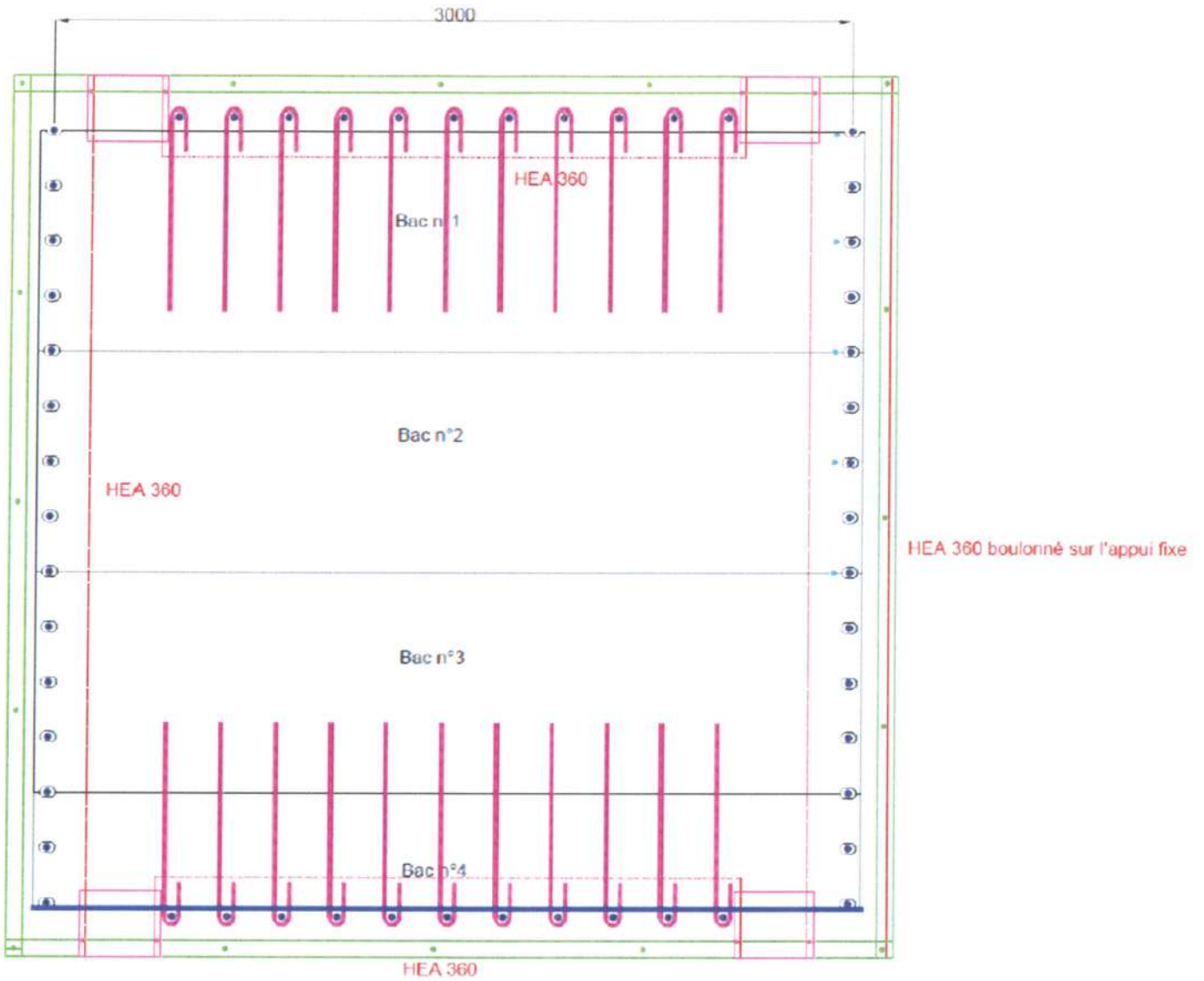


Figure 10 – Closoir mousse.

Détail de la pose des crosses :



Détail Crosse HA14

06

Détail de la pose des crosses :

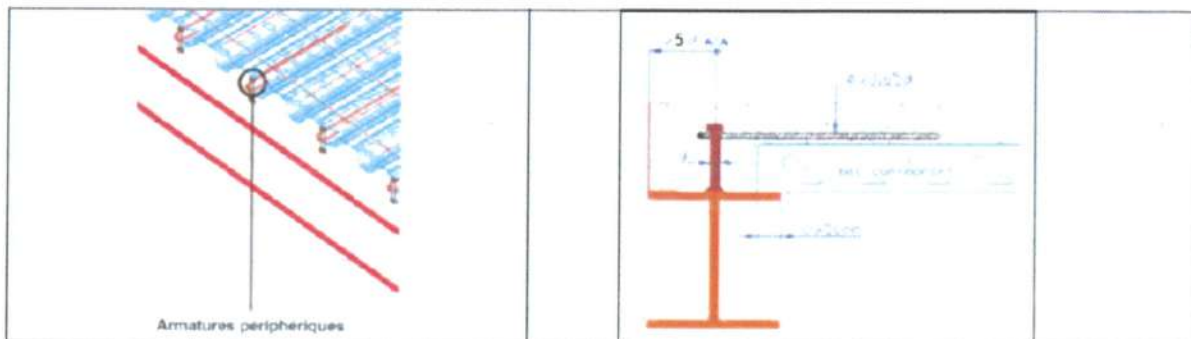
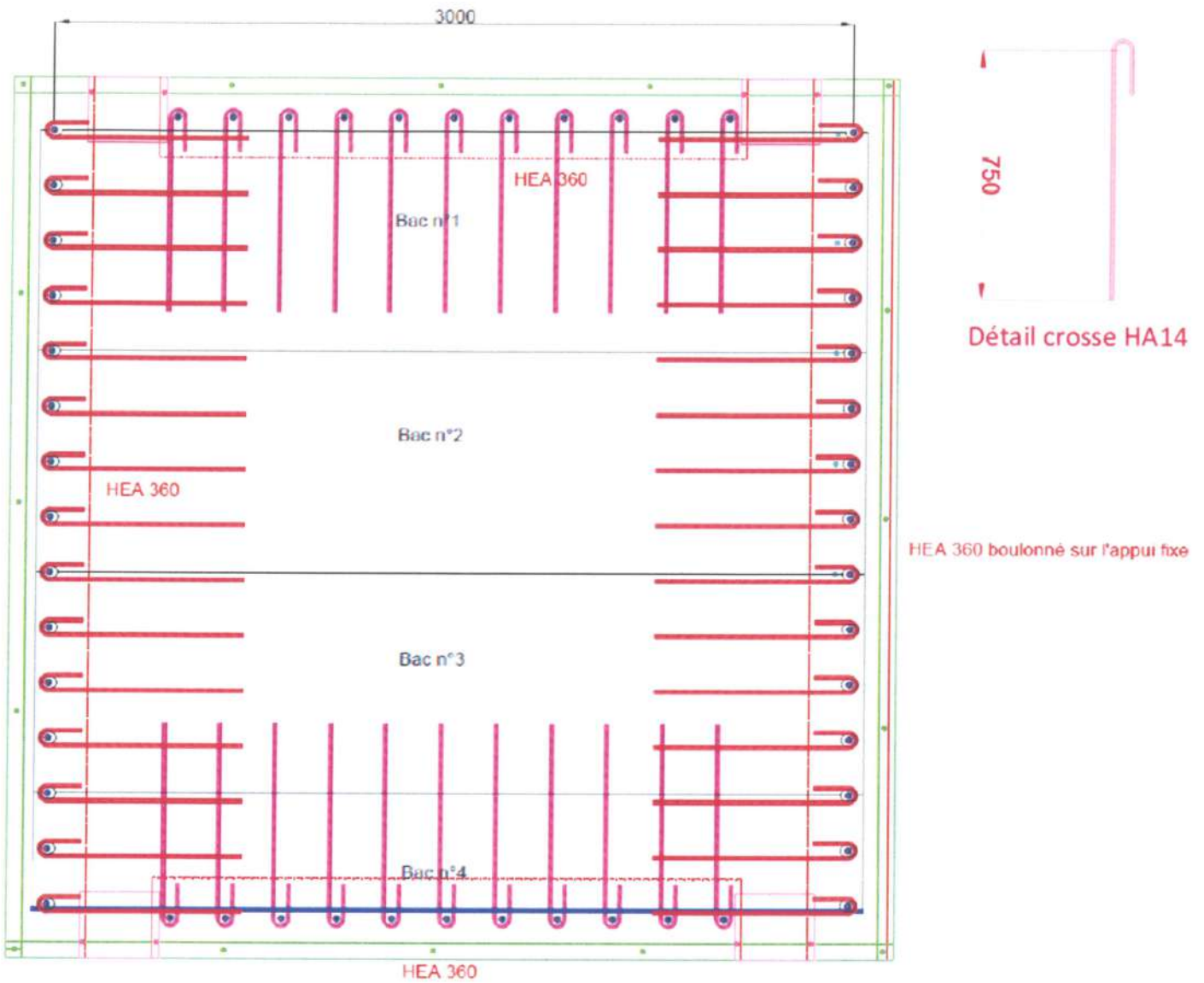
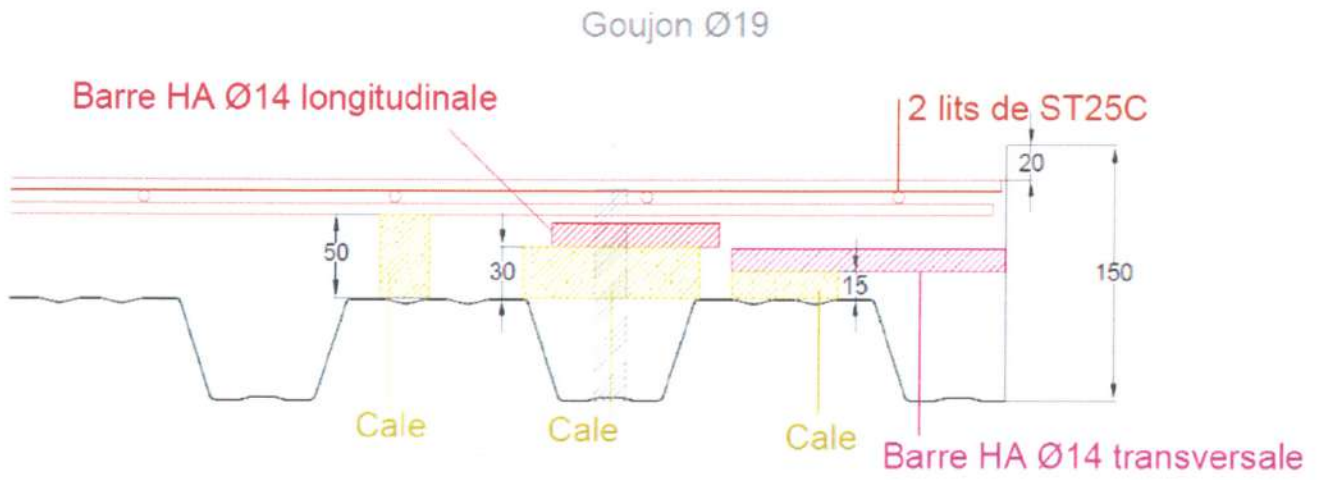


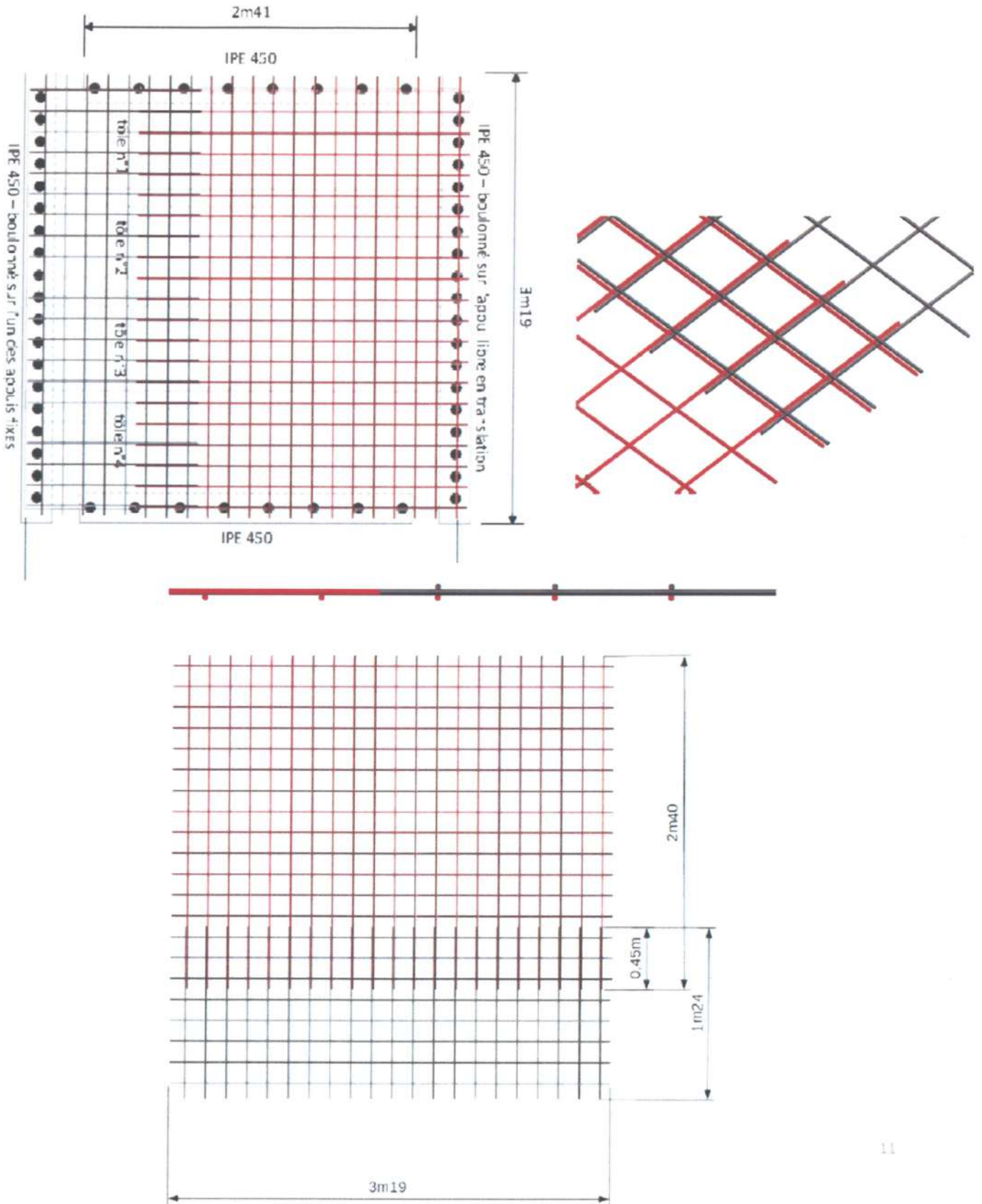
Figure 15 – Armatures périphériques.

9

Trame 3x3m



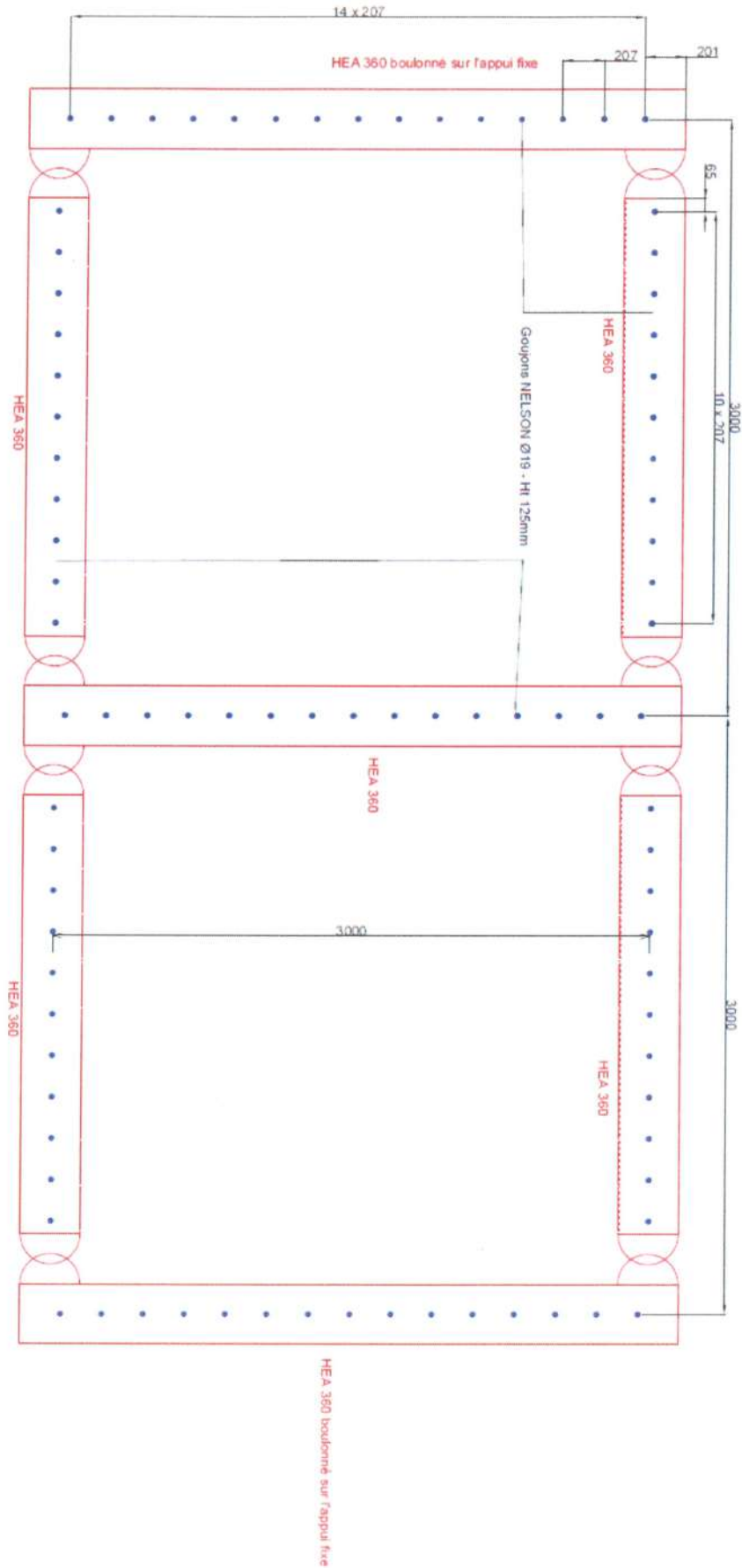
Détail de la pose des treillis :



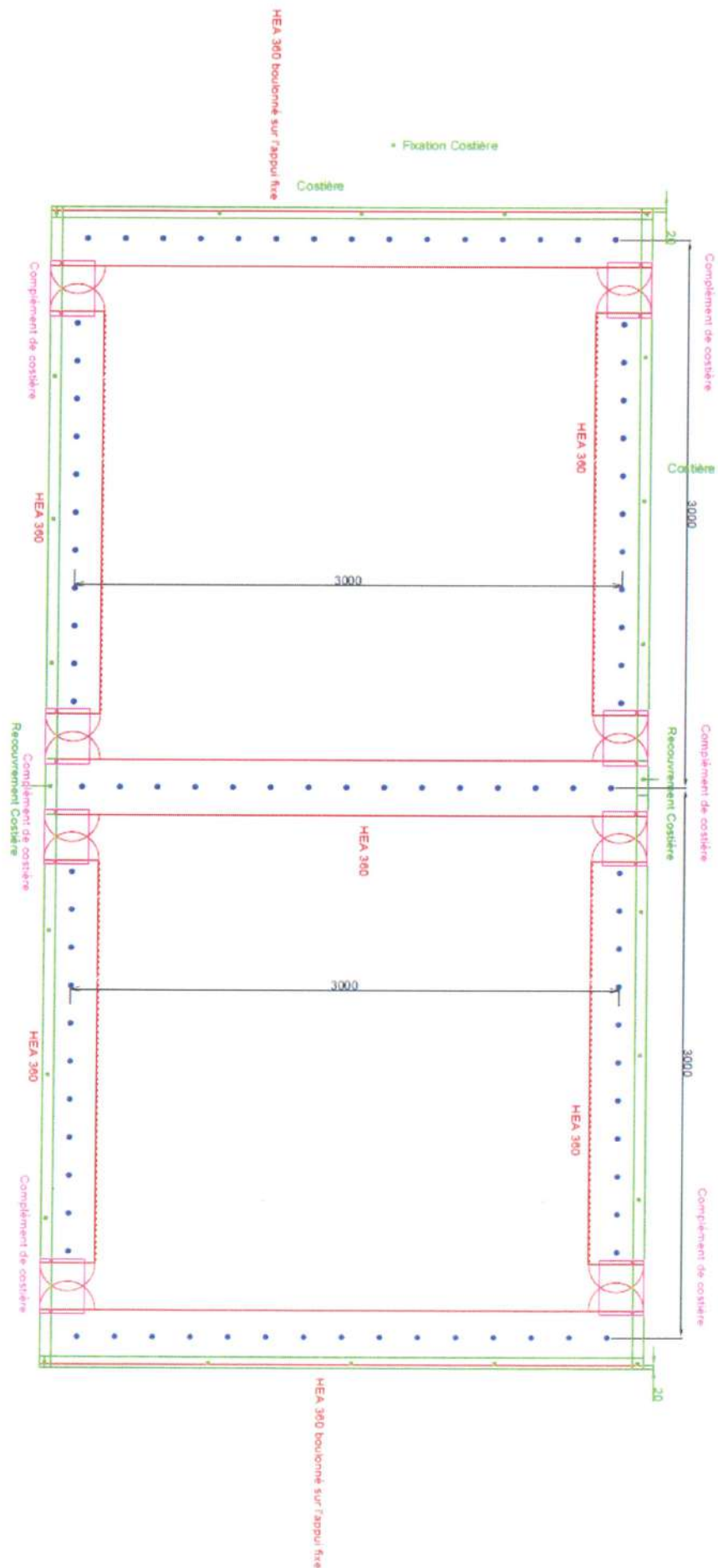
ANNEXE 2

Plans de calepinage de la maquette 4 (6 x 3) m

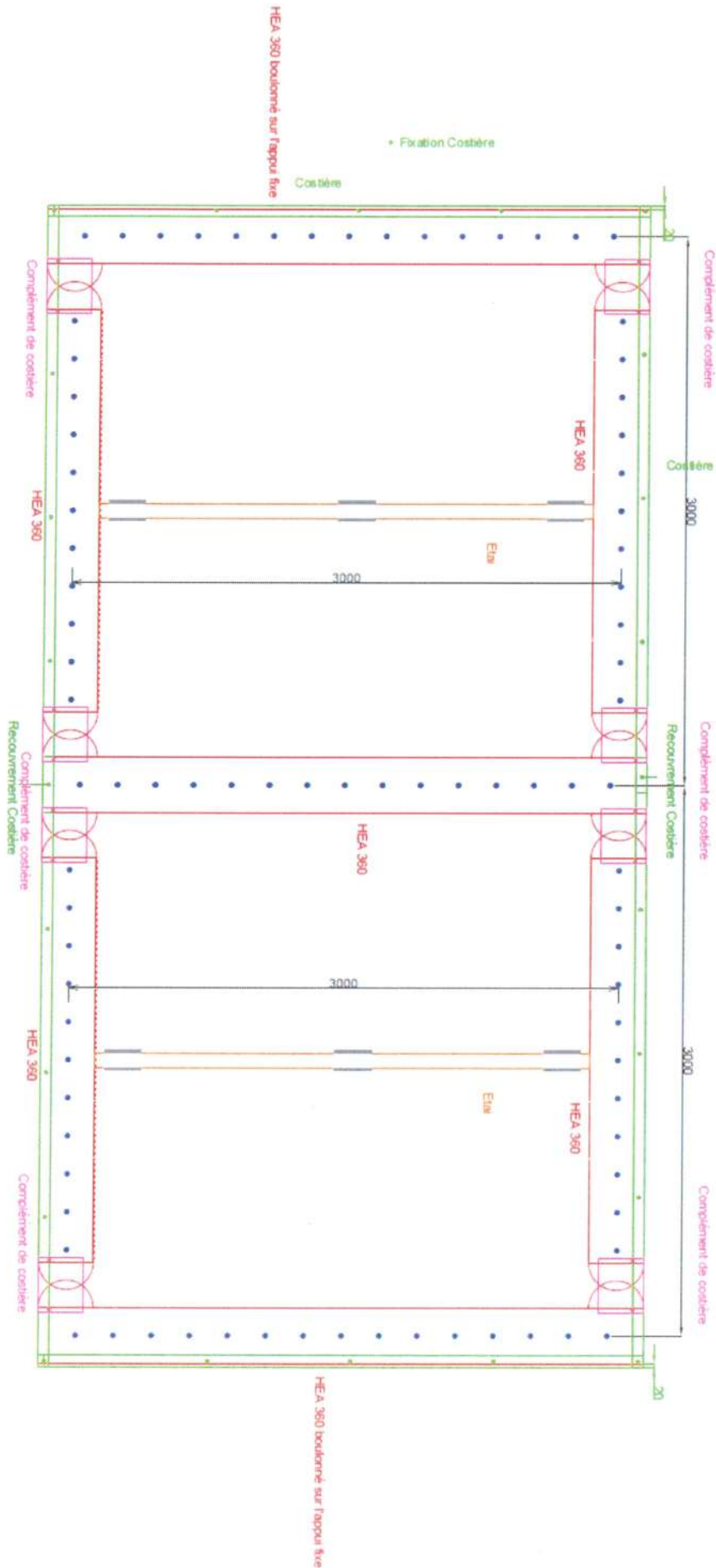
Détail de la structure d'accueil :



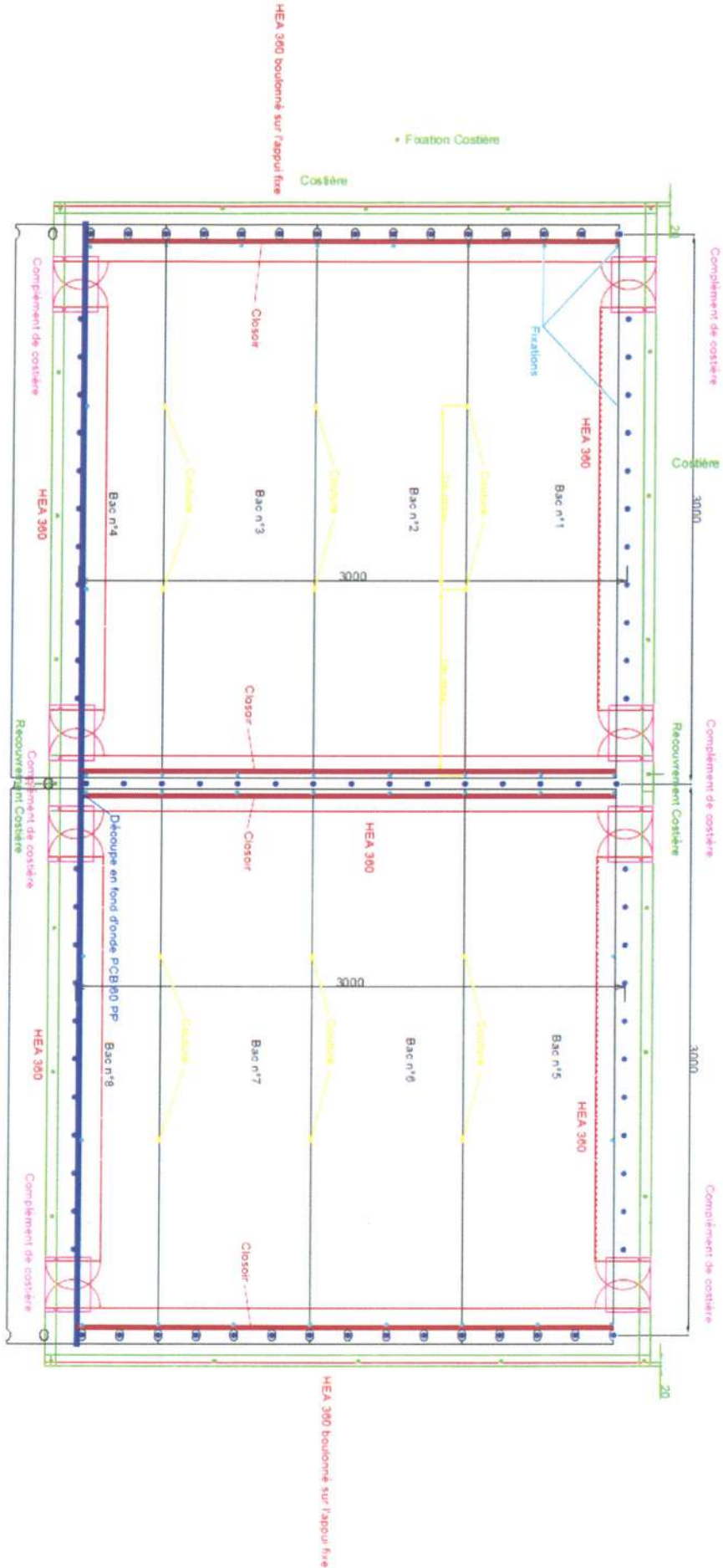
Détail de la pose des costières :



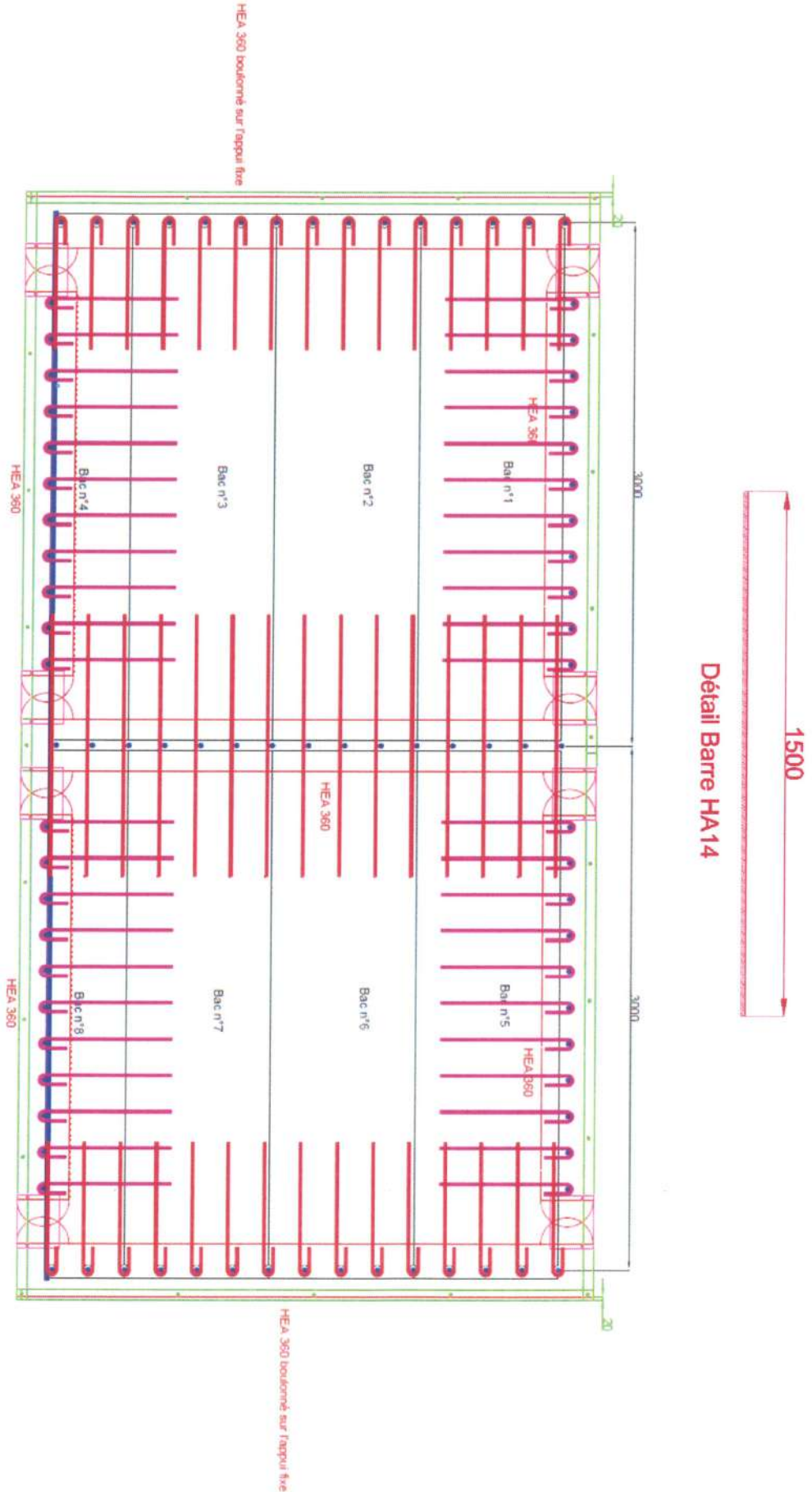
Détail de la pose des files d'étais :



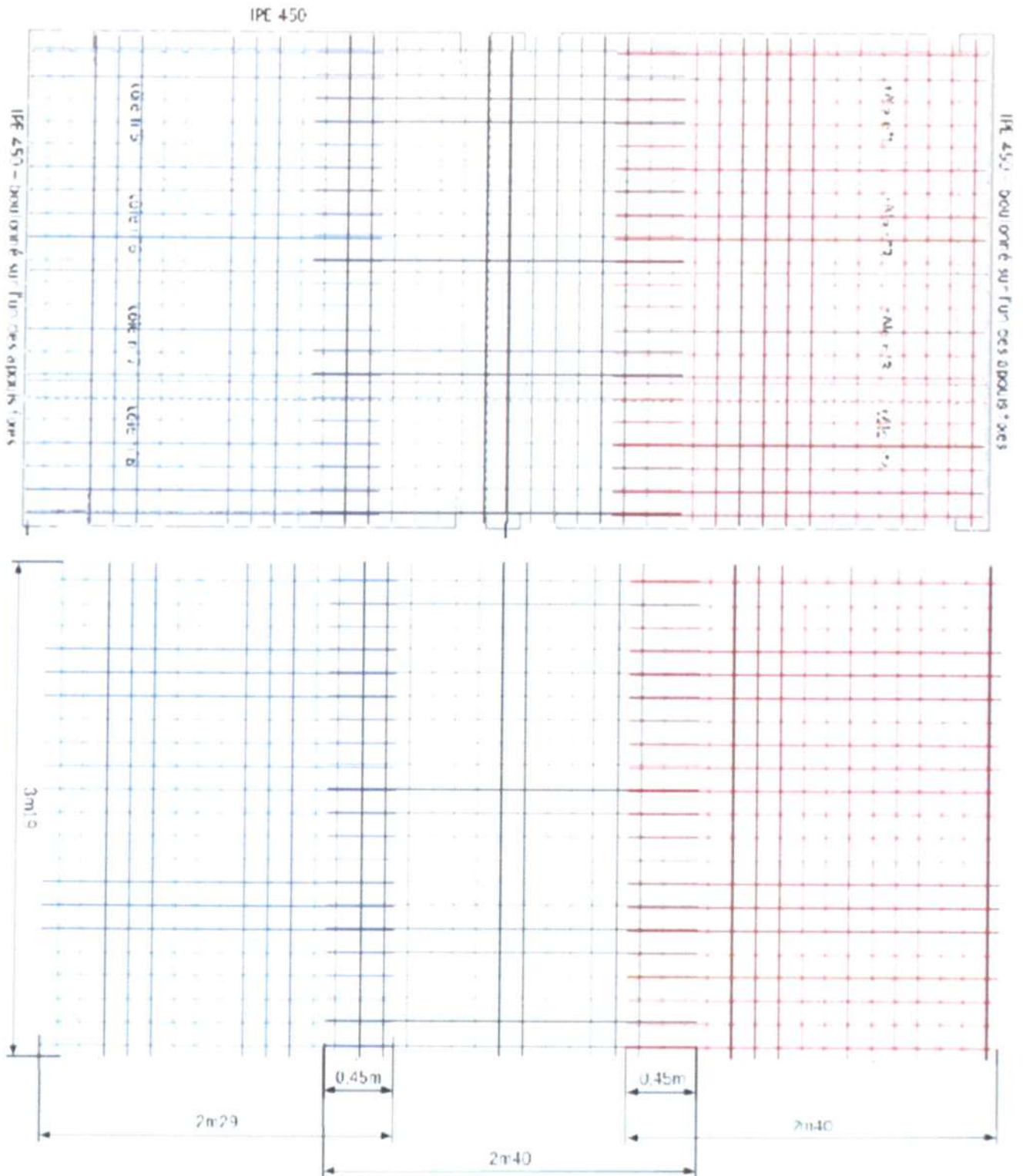
Détail de la pose des bacs :



Détail de la pose des crosses :



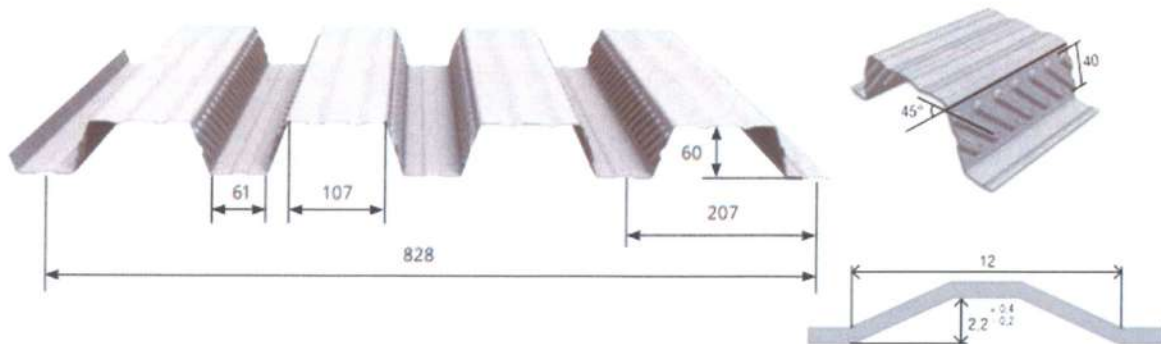
Détail de la pose des treillis :



ANNEXE 3

Fiche technique du bac PCB 60 PP

PCB 60



Détail géométrique de la tôle

Détail géométrique de l'embossage

ÉPAISSEUR (mm)	0,75	0,88	1
POIDS (daN/m ²)	8,67	10,18	11,57

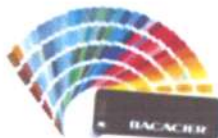
Application conseillée

Coffrage et armature de dalles béton

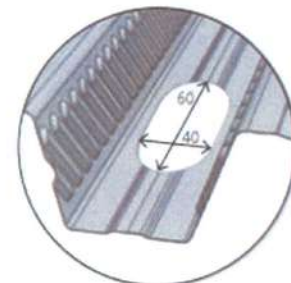
Programme de fabrication

Galva S320 GD + Z275
Polyester 25µ

ÉPAISSEUR
de la tôle 0,75 mm
(autres épaisseurs sur demandes)



Nous consulter
pour du plancher en couleur.



Le plancher collaborant PCB 60 est disponible en version pré percée (trous oblongs de longueur 60 mm et de largeur 40 mm). Le plan de perçage est à fournir.

Normes

Acier galvanisé NF EN 10346 / NF P 34-310

Acier prélaque NF EN 10169 / NF P 34-301

Réglementation

DOCUMENT TECHNIQUE D'APPLICATION

DTA 3/15-806

Qualité

MARQUAGE DB

MARQUAGE CE

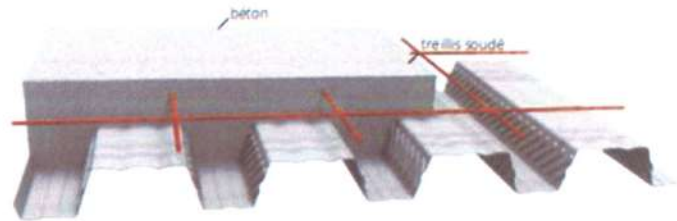


Caractéristiques du profil PCB 60

EPAISSEUR DE LA TÔLE		SECTION	POIDS	MOMENT D'INERTIE EFFICACE	MOMENT RESISTANT	EFFORT TRANCHANT RESISTANT
Galvanisée	Nue	Ap	g0	I _{eff}	M _{trd}	V _{rd}
mm	mm	cm ²	daN/m ²	cm ⁴	daN.m	daN
0.75	0.71	10.61	8.67	42.76	426	1142.7
0.88	0.84	12.55	10.18	51.47	507.5	1553.9
1	0.96	14.35	11.57	59.7	583	1981.5

Consommation de béton pour le PCB 60

Epaisseur de dalle	Litrage nominal	Poids du béton seul
cm	litres/m ²	daN/m ²
11	73	182.5
12	83	207.5
13	93	232.5
14	103	257.5
15	113	282.5
16	123	307.5
17	133	332.5
18	143	357.5
19	153	382.5
20	163	407.5
21	173	432.5
22	183	457.5
23	193	482.5
24	203	507.5



Vue du plancher collaborant avec le béton et son treillis soudé

Poids volumique considéré du béton : 2500 daN/m³
 Il faut ajouter le poids de béton dû à la flèche et le poids du profil pour obtenir le poids total du plancher

Collaboration tôle béton

Les coefficients m et k ci-contre servent lors de la vérification de la collaboration tôle-béton. Cette vérification est un des critères de dimensionnement des planchers.

	GLISSEMENT ETAT LIMITE ULTIME	GLISSEMENT ETAT LIMITE DE SERVICE
	N/mm ²	N/mm ²
m	139,73	13,65
k	-0,0322	0,159

Stabilité au feu

La tôle de PCB 60 assure une stabilité au feu de 30 minutes sans armatures complémentaires. Pour des durées allant de 60 à 120 minutes il est nécessaire d'armer la dalle béton en plaçant des barres d'acier en nervures pour assurer la résistance mécanique.

Isolation thermique

Pour un degré coupe-feu (CF) désigné, une épaisseur minimale de dalle est préconisée afin de respecter le critère de température en face non exposée.

DEGRÉ COUPE FEU (MIN)	30	60	90	120
EPAISSEUR MINI DE DALLE (CM)	11	12	14	16

Construction mixte acier/béton

Qu'est-ce qu'une construction mixte acier/béton ?

Dans une construction dite mixte acier/béton, la dalle en béton est reliée aux poutres par l'intermédiaire de connecteurs (ou goujons).

La présence de ces connecteurs évite le glissement entre les deux matériaux et permet au béton de participer à la résistance des poutres.

Principe :

Les connecteurs sont fixés sur la longueur de la poutre. Ils permettent de faire la liaison acier/béton.

Dans le cas de connecteurs cloués, ils sont directement fixés à travers le bac. La mise en place est simple et rapide. Dans le cas de connecteurs soudés, ils sont soudés aux poutres en usine et les bacs doivent être pré percés pour être posés.

Option pré perçage

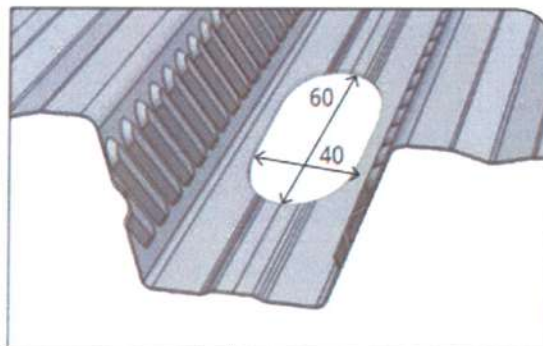
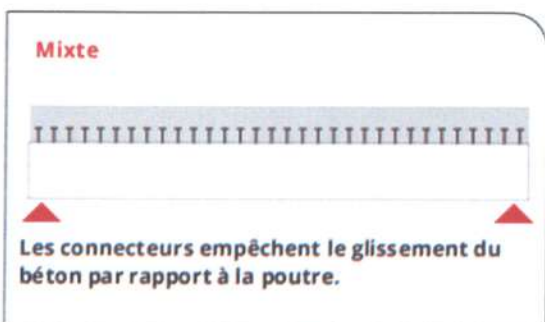
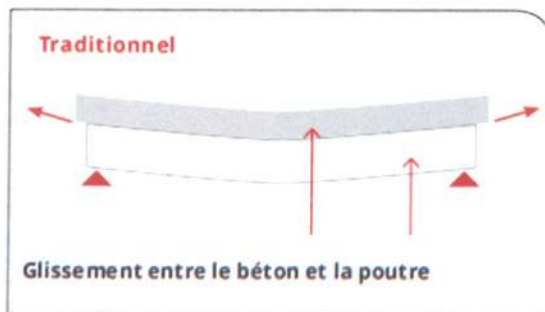
Le plancher collaborant PCB 60 est disponible en version pré percée (trous oblongs de longueur 60 mm et de largeur 40 mm). Le plan de perçage est à fournir.



LE CHOIX DE L'UTILISATION DE CONNECTEURS SE FAIT DÈS LA CONCEPTION DE LA CHARPENTE.

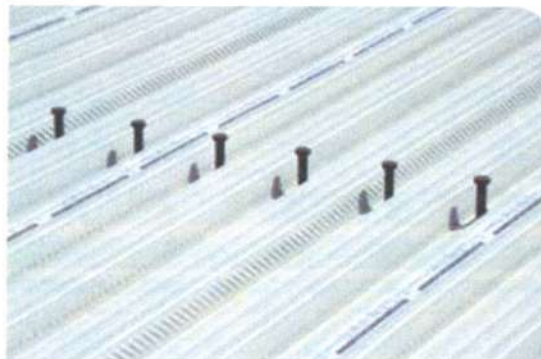
Quels sont les avantages de cette solution ?

A charge d'exploitation identique, l'utilisation de connecteurs permet de réduire les dimensions des poutres métalliques. L'économie en poids d'acier peut atteindre 30%. Les dimensions étant réduites, les planchers sont réduits en hauteur et il en résulte donc un gain d'encombrement.



La solution «bac collaborant + connecteurs» permet une optimisation de la structure et une réduction globale des coûts.

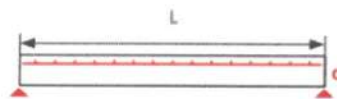
La forme du plancher collaborant PCB60 de BACACIER permet le positionnement de tout type de connecteur car le fond d'onde comporte un raidisseur plat.



Charge d'utilisation maximale (en daN/m²)

ÉPAISSEUR DE LA TÔLE : 0,75 mm

POSE SUR 2 APPUIS



0 ÉTAI | **1 ÉTAI** | **2 ÉTAIS**

Portée L en cm	ÉPAISSEUR DE LA DALLE D EN CM							
	11	12	14	16	18	20	22	24
200	1235	1394	1711	2028	2345	2662	2704	2991
210	1114	1257	1543	1829	2115	2154	2410	2666
220	1010	1139	1398	1658	1697	1926	2155	2384
230	919	1037	1272	1316	1522	1727	1933	2138
240	839	947	999	1183	1368	1553	1737	1922
250	769	868	899	1066	1232	1398	1564	1731
260	707	661	811	961	1111	1261	1410	1560
270	529	597	732	867	1002	1137	1273	1408
280	477	538	660	782	904	1026	1148	1270
290	431	486	596	706	816	926	1036	1146
300	388	438	537	636	735	834	934	1033
310	350	394	483	572	662	751	840	929
320	314	354	434	514	594	673	753	833
330	281	316	388	459	531	602	673	521
340	250	281	345	408	472	535	391	432
350		249	305	361	417	473	314	347
360		218	267	316	365	216	241	267
370			231	273	316	153	171	189
380								
390								
400								

Le poids propre de la dalle n'est pas compris dans les valeurs des tableaux.

Les tableaux ci-dessus donnent, pour une portée L et une épaisseur de dalle d données, la charge maximale en daN/m² uniformément répartie que le plancher peut recevoir (en plus du poids propre de la dalle) ainsi que le nombre de files d'étais à mettre en place au coulage

Hypothèse de calcul :

- ✓ Travées égales
- ✓ Chargement réparti
- ✓ Béton de qualité C25/30 de densité 2500 kg/m³
- ✓ Stabilité au feu de 30 minutes
- ✓ Elancement L/d ≤ 33
- ✓ Largeur de l'appui : 160mm
- ✓ Acier d'armature : limite d'élasticité 500MPa
- ✓ Flèche au coulage L/180
- ✓ Flèche de la dalle : non considérée
- ✓ Redistribution du moment sur appuis =15%

Charge d'utilisation maximale (en daN/m²)

ÉPAISSEUR DE LA TÔLE : 0,75 mm

POSE SUR 3 APPUIS



0 ÉTAI 1 ÉTAI 2 ÉTAIS

Portée L en cm	ÉPAISSEUR DE LA DALLE d EN CM							
	11	12	14	16	18	20	22	24
200	1147	1293	1587	1881	2174	2468	2761	3055
210	1083	1222	1499	1776	2053	2331	2608	2885
220	1025	1156	1419	1681	1943	2206	2468	2730
230	972	1096	1345	1594	1843	2091	2301	2545
240	923	1041	1278	1514	1750	1862	2084	2305
250	864	975	1197	1419	1490	1691	1893	2094
260	794	896	1100	1174	1357	1540	1724	1907
270	733	827	904	1071	1238	1406	1573	1740
280	677	674	826	979	1132	1285	1438	1591
290	547	617	757	897	1037	1177	1317	1457
300	502	566	694	823	951	1079	1208	1336
310	461	519	637	755	873	991	1109	1226
320	423	477	586	694	802	910	1019	1127
330	389	439	538	638	737	837	936	1036
340	358	404	495	587	678	769	861	951
350	329	371	455	539	623	707	791	874
360	303	341	418	496	573	650	728	806
370	278	313	384	455	526	596	665	734
380	255	288	353	418	483	543	603	663
390	234	264	323	383	459	519	579	639
400		241	296	350	417	476	535	594

Le poids propre de la dalle n'est pas compris dans les valeurs des tableaux.

Les tableaux ci-dessus donnent, pour une portée L et une épaisseur de dalle d données, la charge maximale en daN/m² uniformément répartie que le plancher peut recevoir (en plus du poids propre de la dalle) ainsi que le nombre de files d'étais à mettre en place au coulage

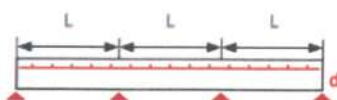
Hypothèse de calcul :

- ✓ Travées égales
- ✓ Chargement réparti
- ✓ Béton de qualité C25/30 de densité 2500 kg/m³
- ✓ Stabilité au feu de 30 minutes
- ✓ Elancement L/d ≤ 36
- ✓ Largeur de l'appui : 160mm
- ✓ Acier d'armature : limite d'élasticité 500MPa
- ✓ Flèche au coulage L/180
- ✓ Flèche de la dalle : non considérée
- ✓ Redistribution du moment sur appuis = 15%

Charge d'utilisation maximale (en daN/m²)

ÉPAISSEUR DE LA TÔLE : 0,75 mm

POSE SUR 4 APPUIS



0 ÉTAI 1 ÉTAI 2 ÉTAIS

Portée L en cm	ÉPAISSEUR DE LA DALLE D EN CM							
	11	12	14	16	18	20	22	24
200	1161	1310	1607	1905	2202	2499	2797	3094
210	1097	1237	1518	1799	2080	2361	2642	2922
220	1038	1171	1437	1703	1969	2235	2500	2735
230	985	1111	1363	1615	1867	2119	2229	2467
240	922	1040	1277	1514	1751	1803	2017	2232
250	845	954	1170	1387	1441	1635	1830	2024
260	777	877	1076	1133	1310	1487	1664	1841
270	716	808	871	1032	1194	1355	1516	1677
280	662	648	795	942	1089	1236	1383	1531
290	525	592	727	861	996	1130	1264	1399
300	481	542	665	788	911	1034	1157	1280
310	440	496	609	721	834	946	1059	1171
320	403	455	558	661	764	867	970	1073
330	369	417	511	605	700	794	888	983
340	338	382	468	554	641	727	814	660
350	310	349	428	507	586	665	745	579
360	283	319	392	464	536	608	455	503
370	259	292	357	423	489	555	391	432
380	236	266	326	386	446	296	330	365
390	214	241	296	350	405	244	273	301
400		218	268	317	172	195	218	241

Le poids propre de la dalle n'est pas compris dans les valeurs des tableaux.

Les tableaux ci-dessus donnent, pour une portée L et une épaisseur de dalle d données, la charge maximale en daN/m² uniformément répartie que le plancher peut recevoir (en plus du poids propre de la dalle) ainsi que le nombre de files d'étais à mettre en place au coulage

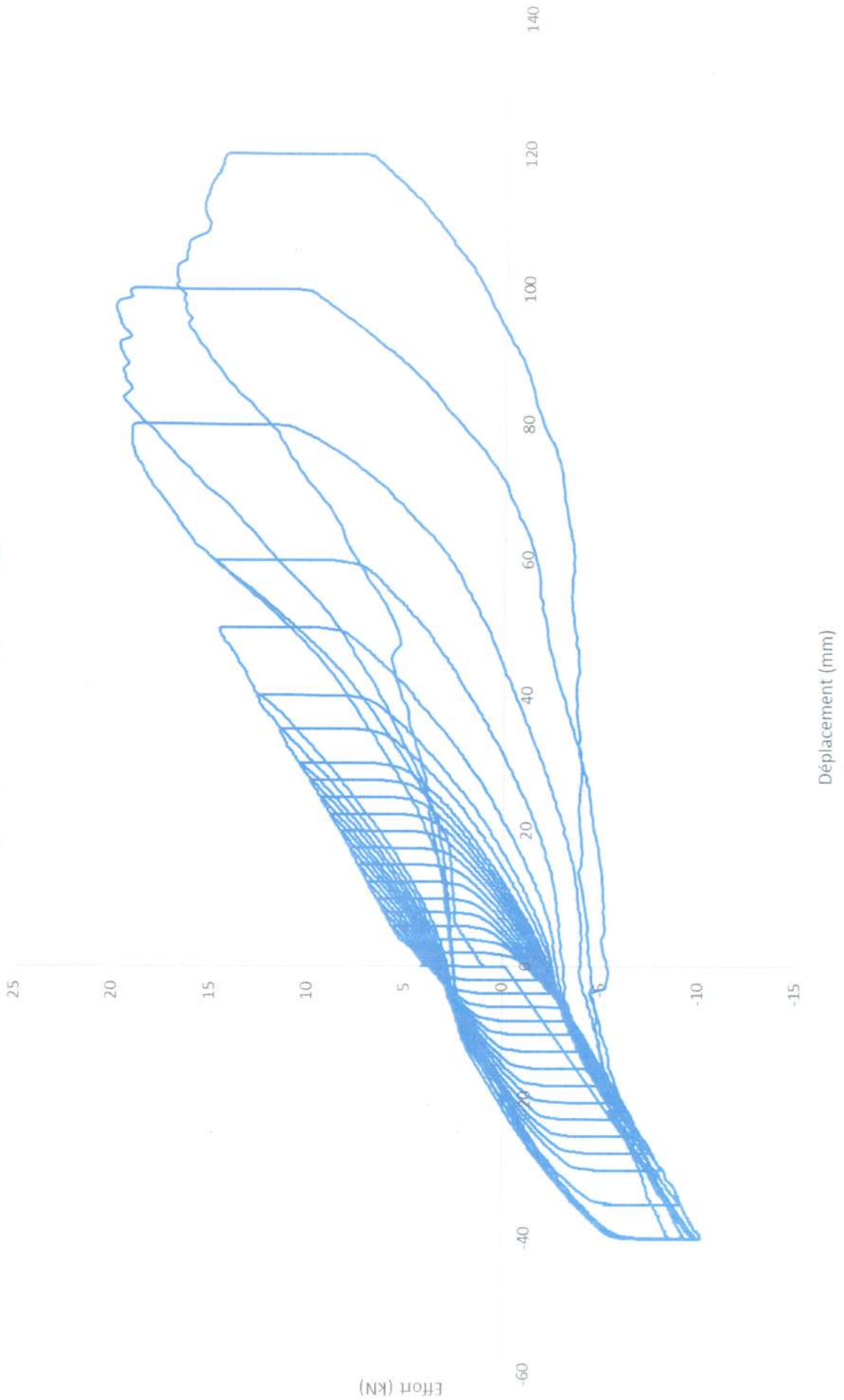
Hypothèse de calcul :

- ✓ Travées égales
- ✓ Chargement réparti
- ✓ Béton de qualité C25/30 de densité 2500 kg/m³
- ✓ Stabilité au feu de 30 minutes
- ✓ Elancement L/d ≤ 36
- ✓ Largeur de l'appui : 160mm
- ✓ Acier d'armature : limite d'élasticité 500MPa
- ✓ Flèche au coulage L/180
- ✓ Flèche de la dalle : non considérée
- ✓ Redistribution du moment sur appuis =15%

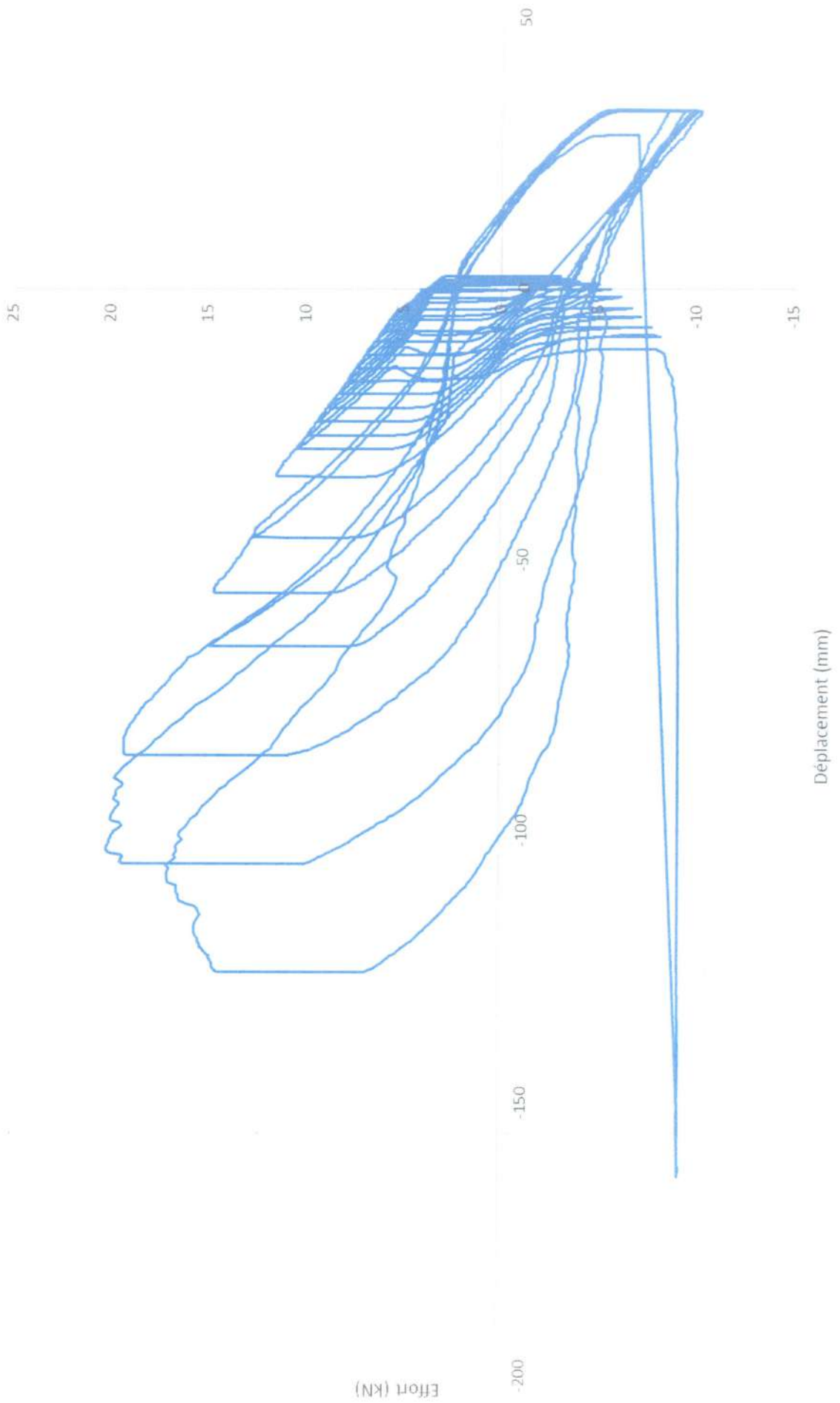
ANNEXE 4

Résultats des essais : maquette n°1

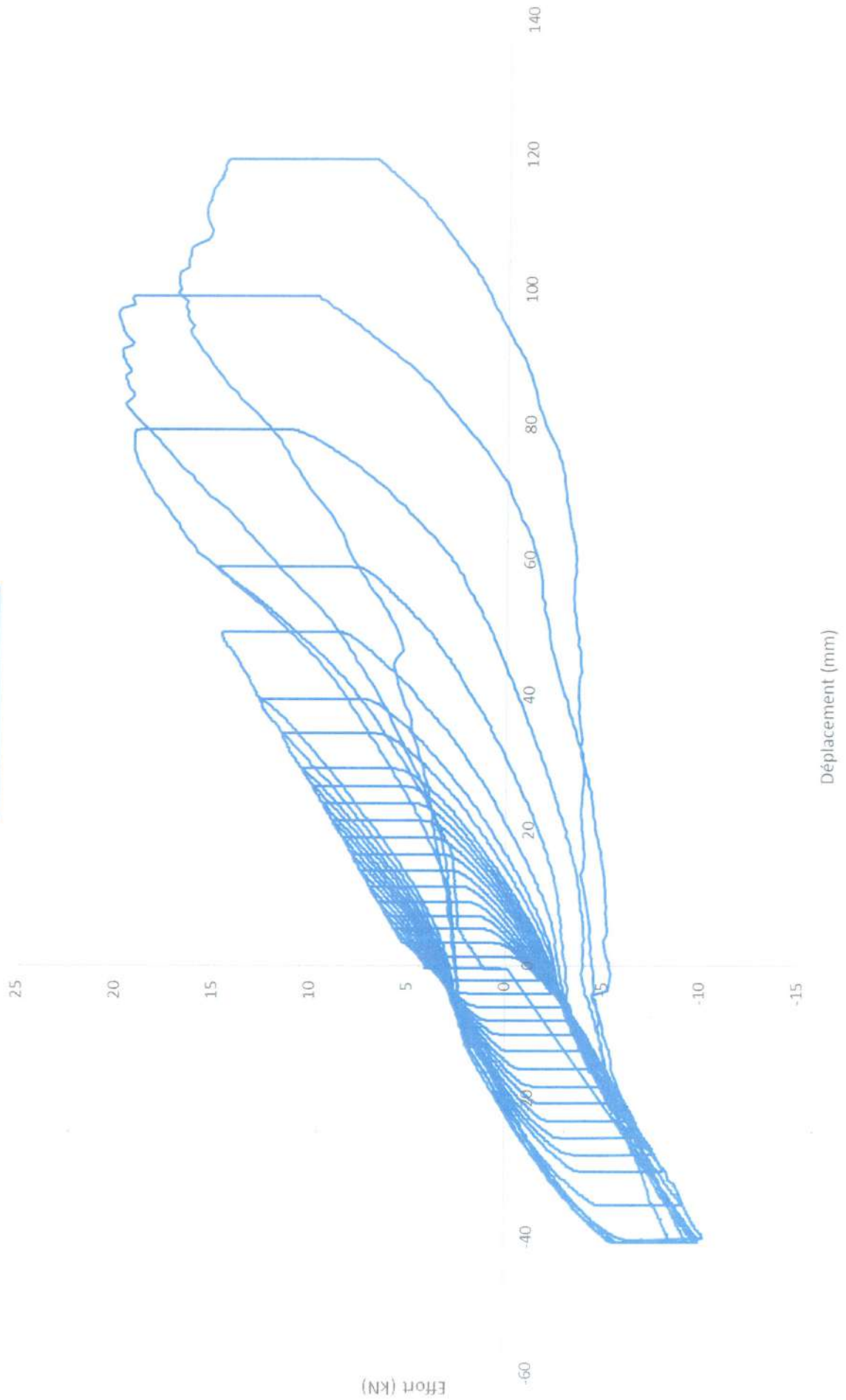
Essai statique
Maquette n°1 - Déplacement du vérin



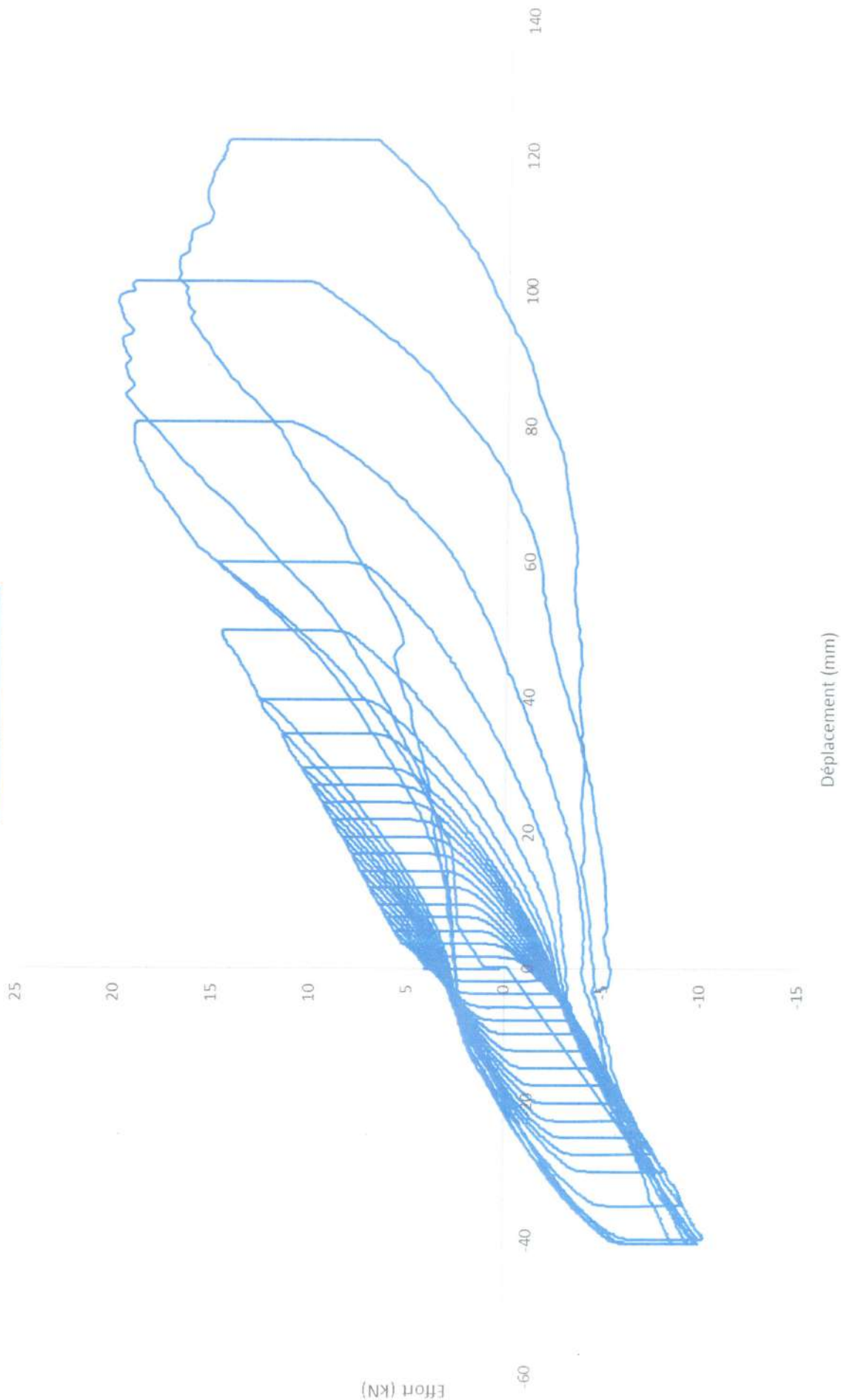
Essai statique
Maquette n°1 - Capteur n°1



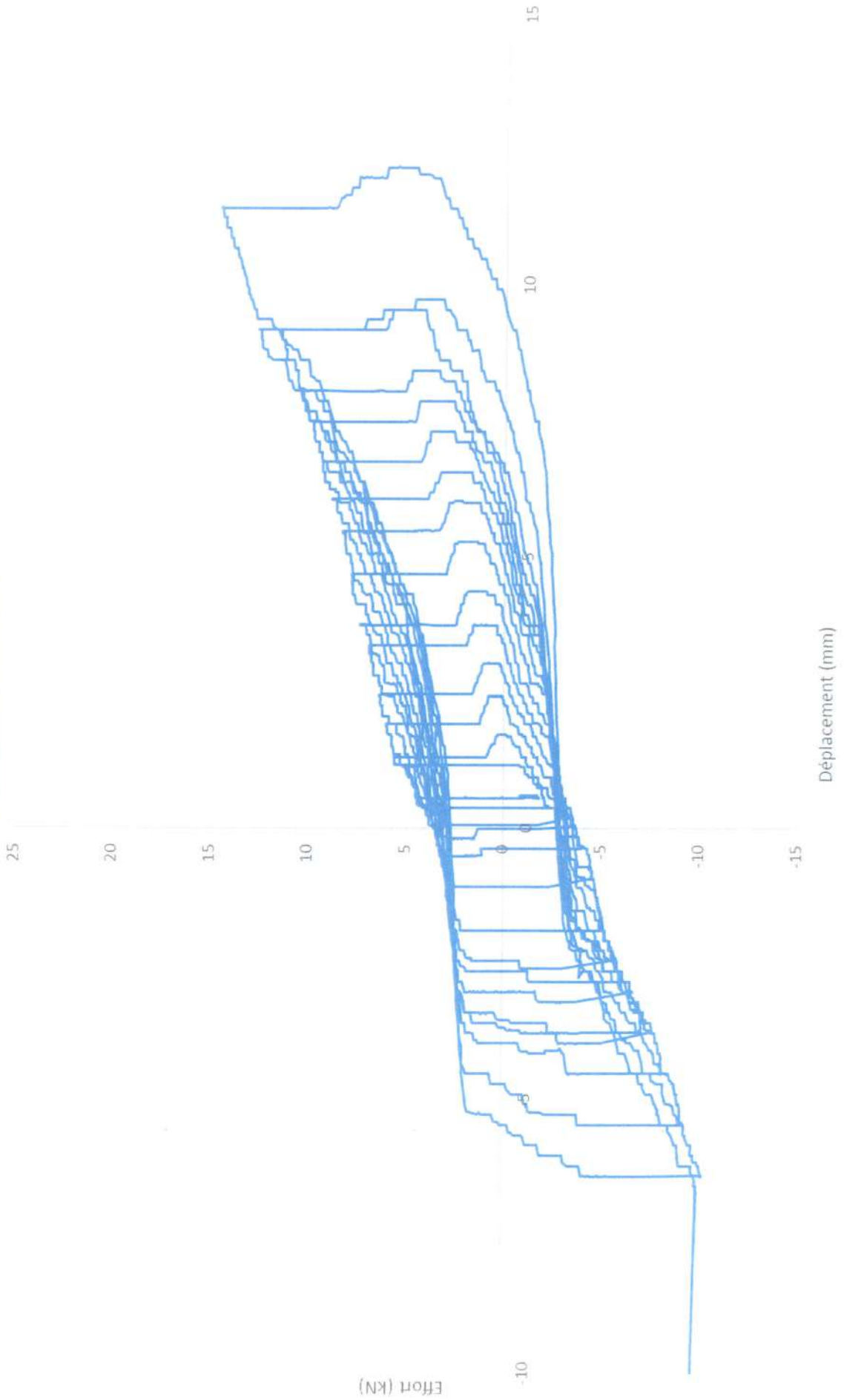
Essai statique
Maquette n°1 - Capteur n°2



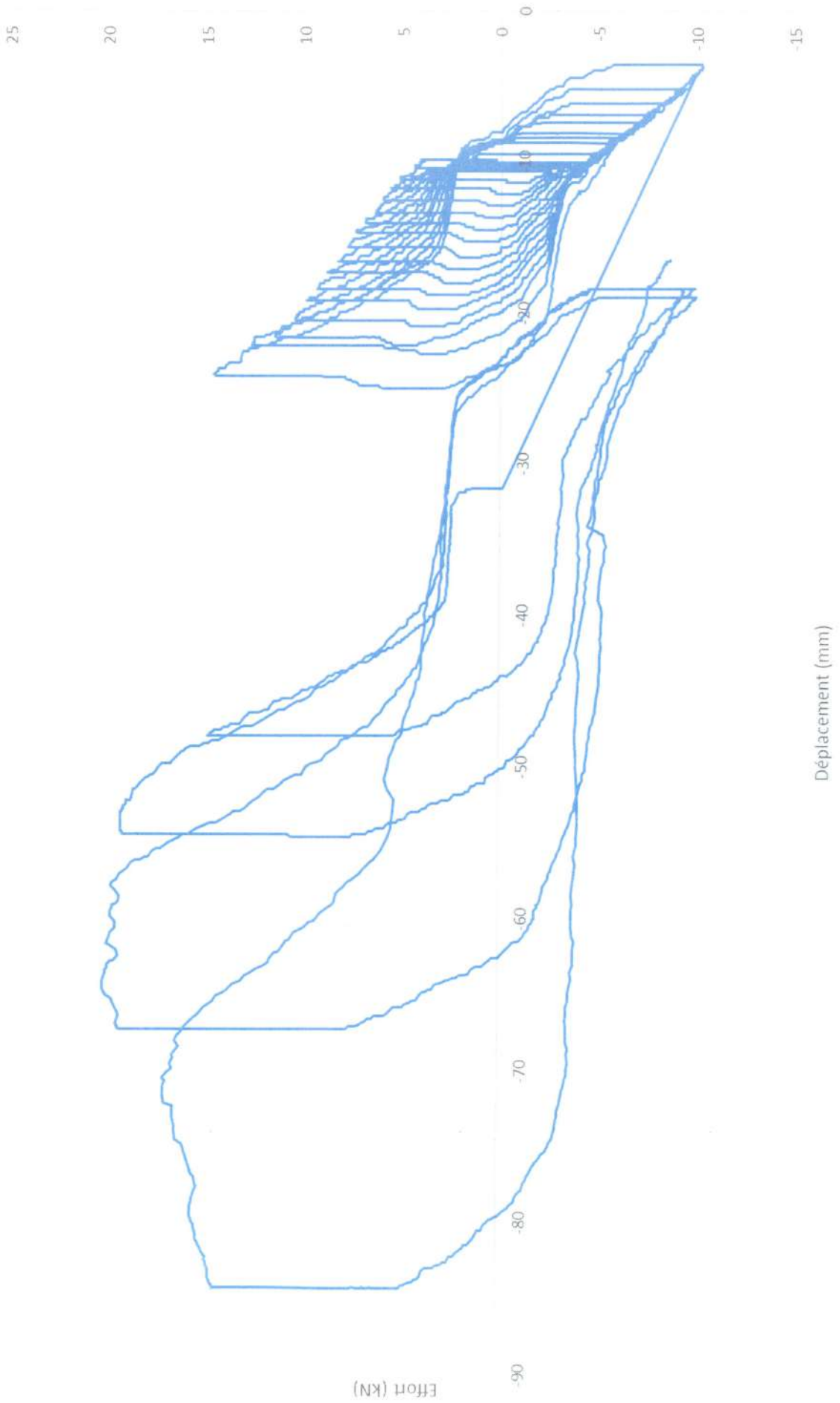
Essai statique
Maquette n°1 - Capteur n°3



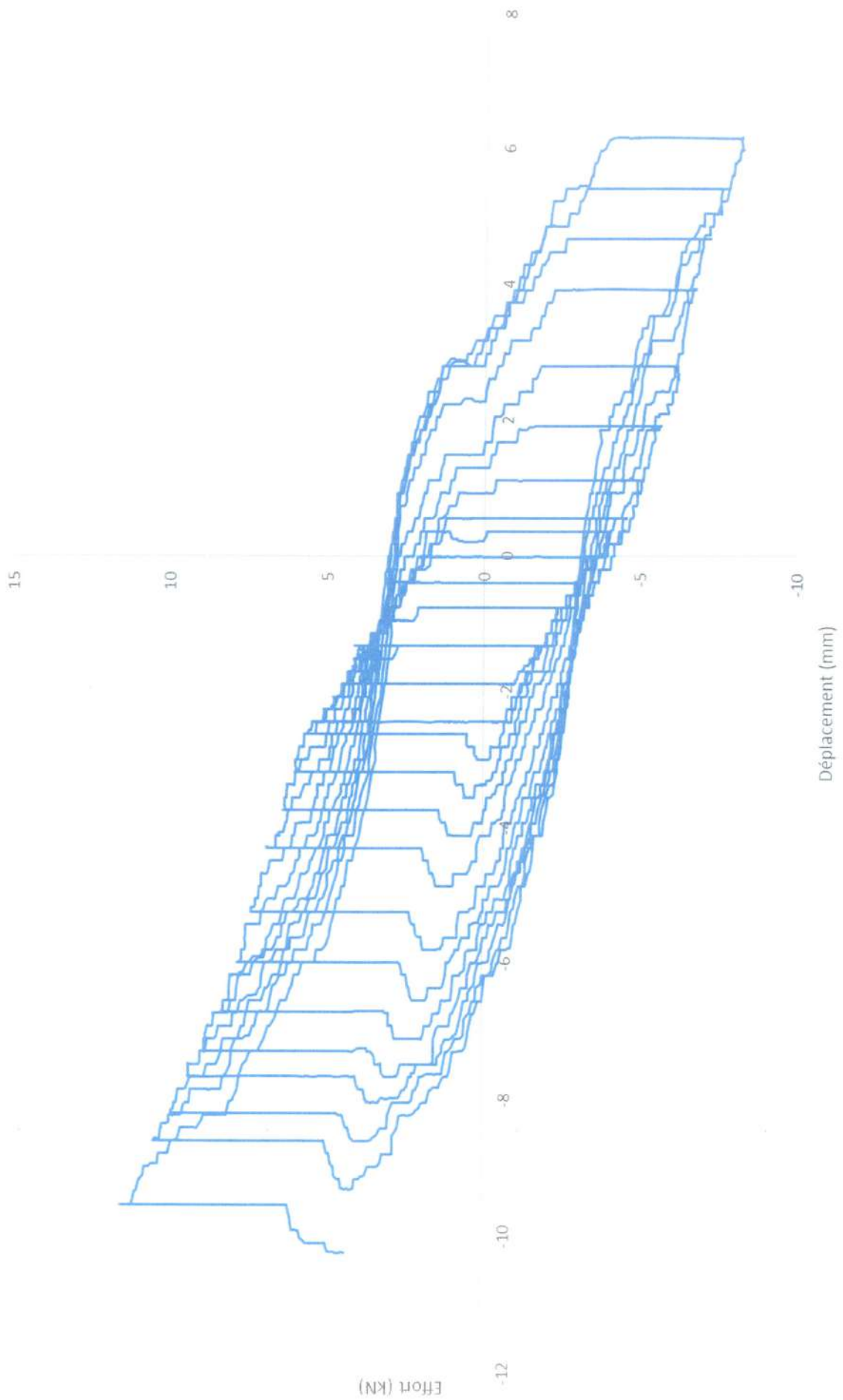
Essai statique
Maquette n°1 - Capteur n°4



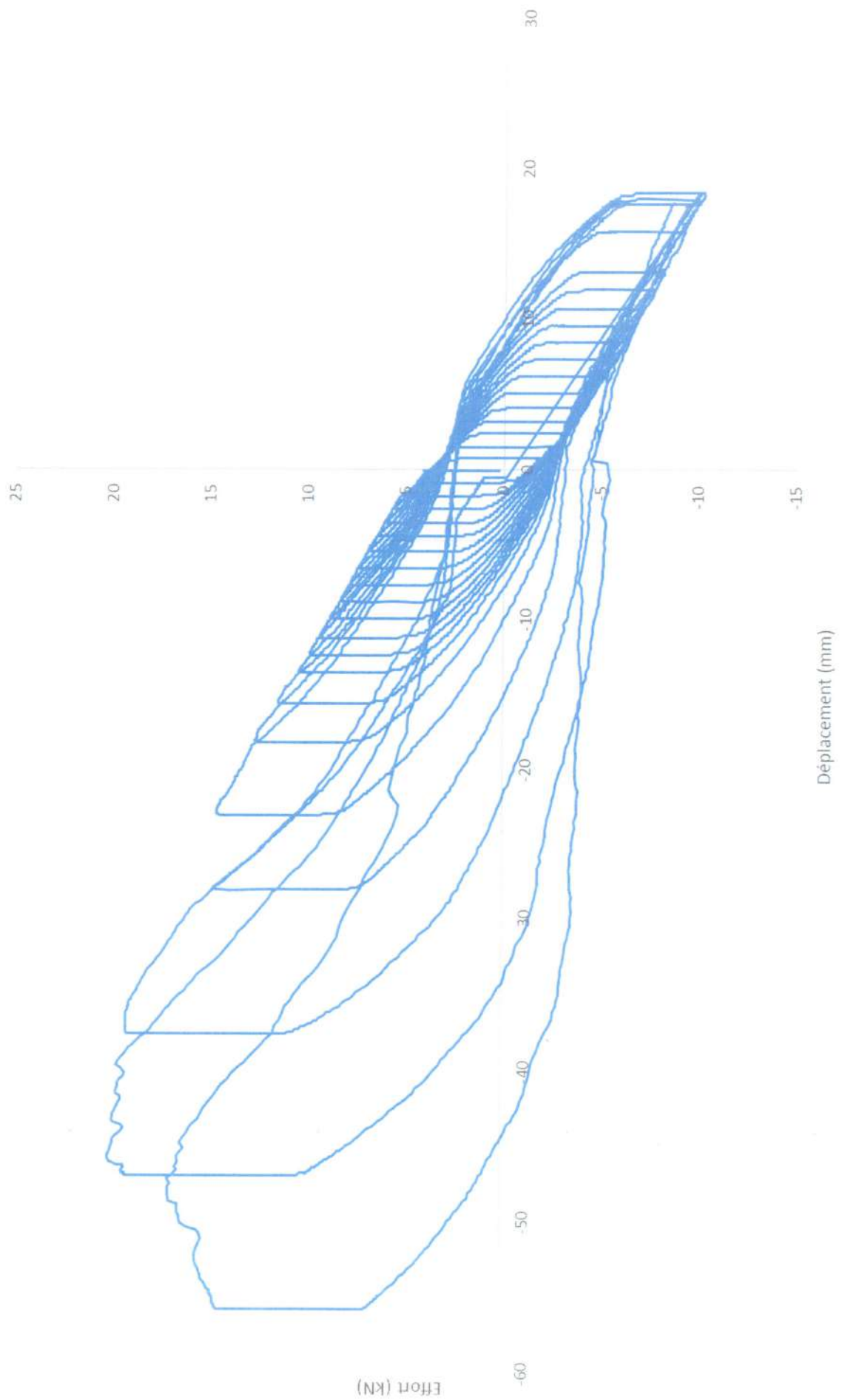
Essai statique
Maquette n°1 - Capteur n°5



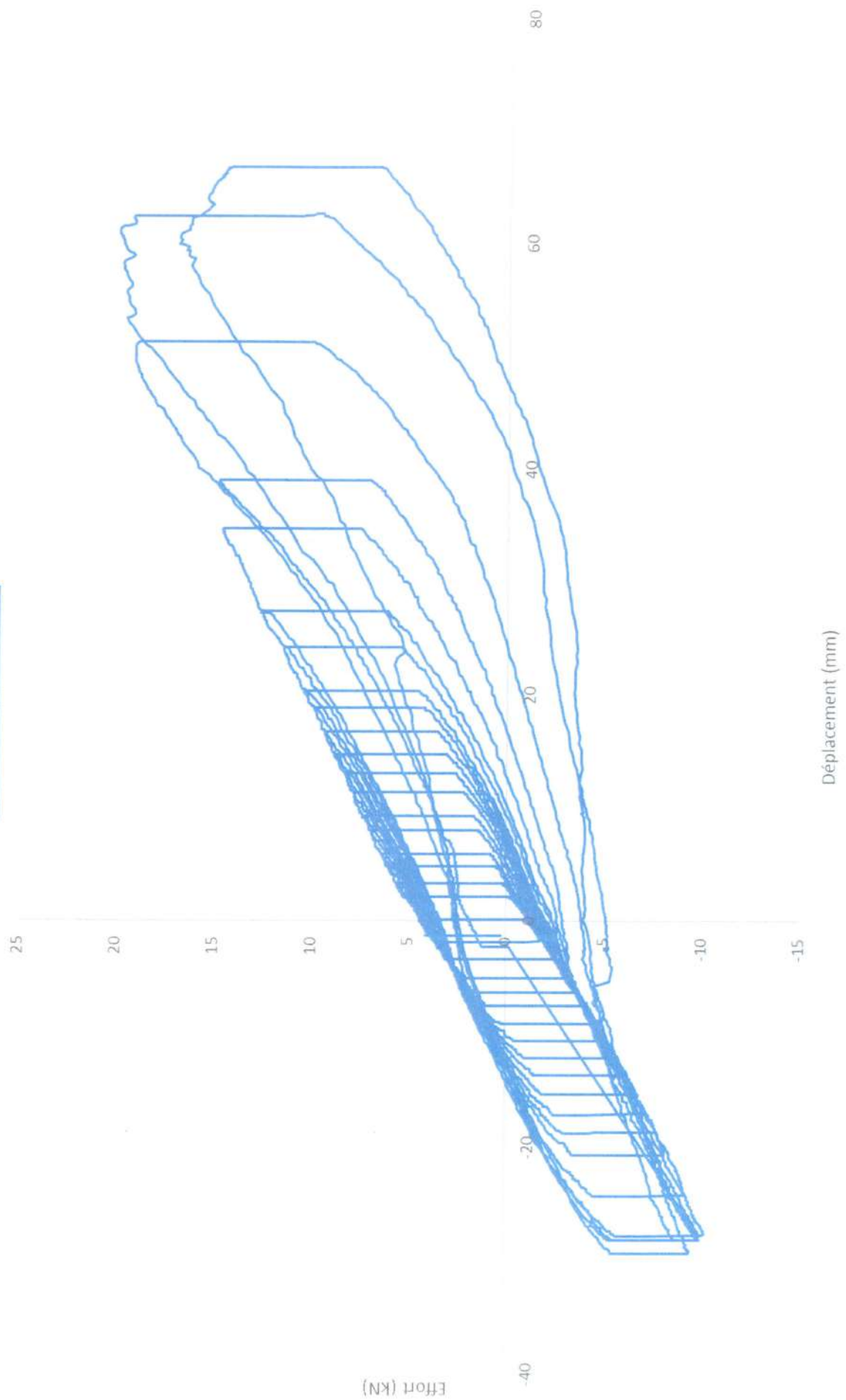
Essai statique
Maquette n°1 - Capteur n°6



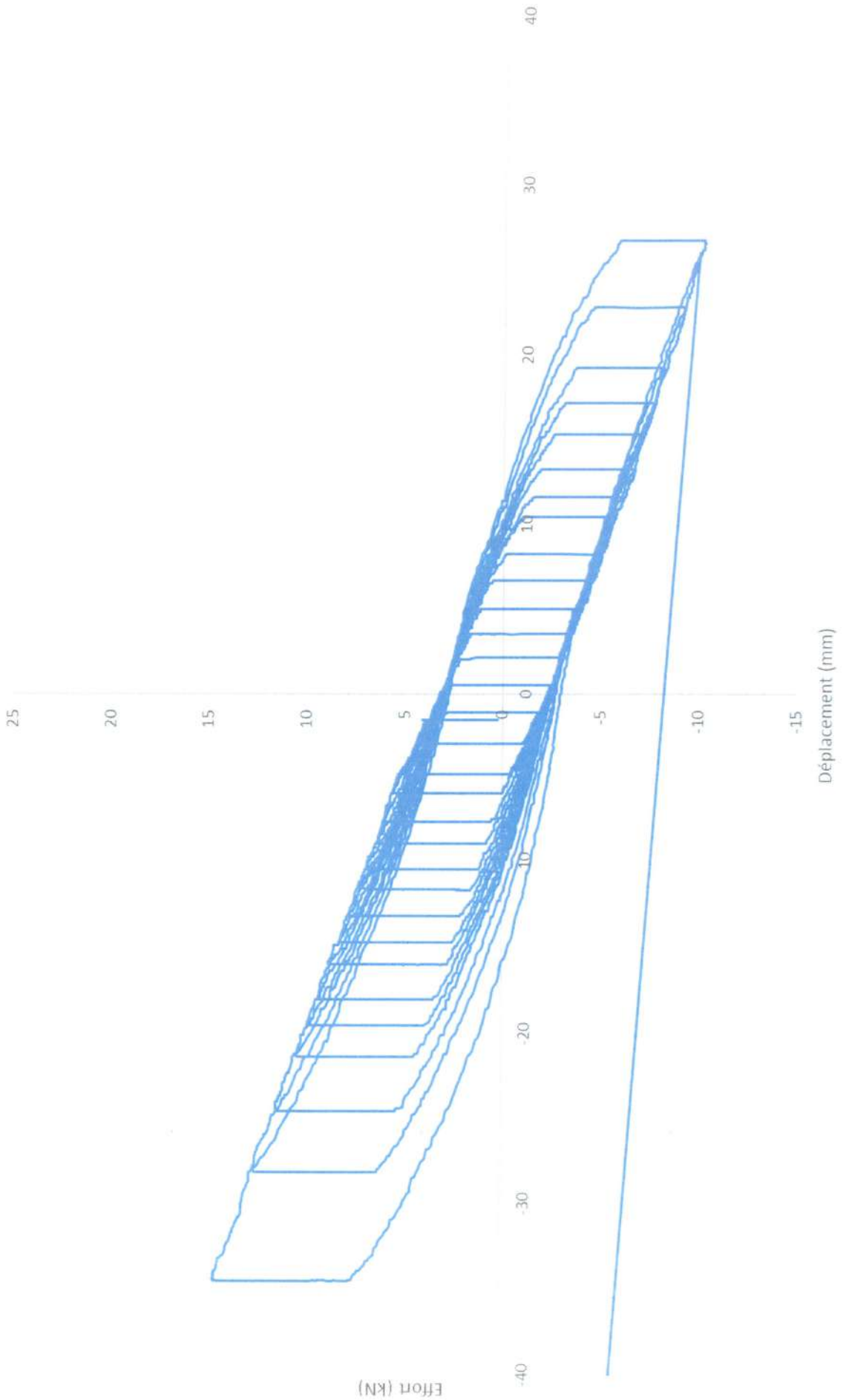
Essai statique
Maquette n°1 - Capteur n°7



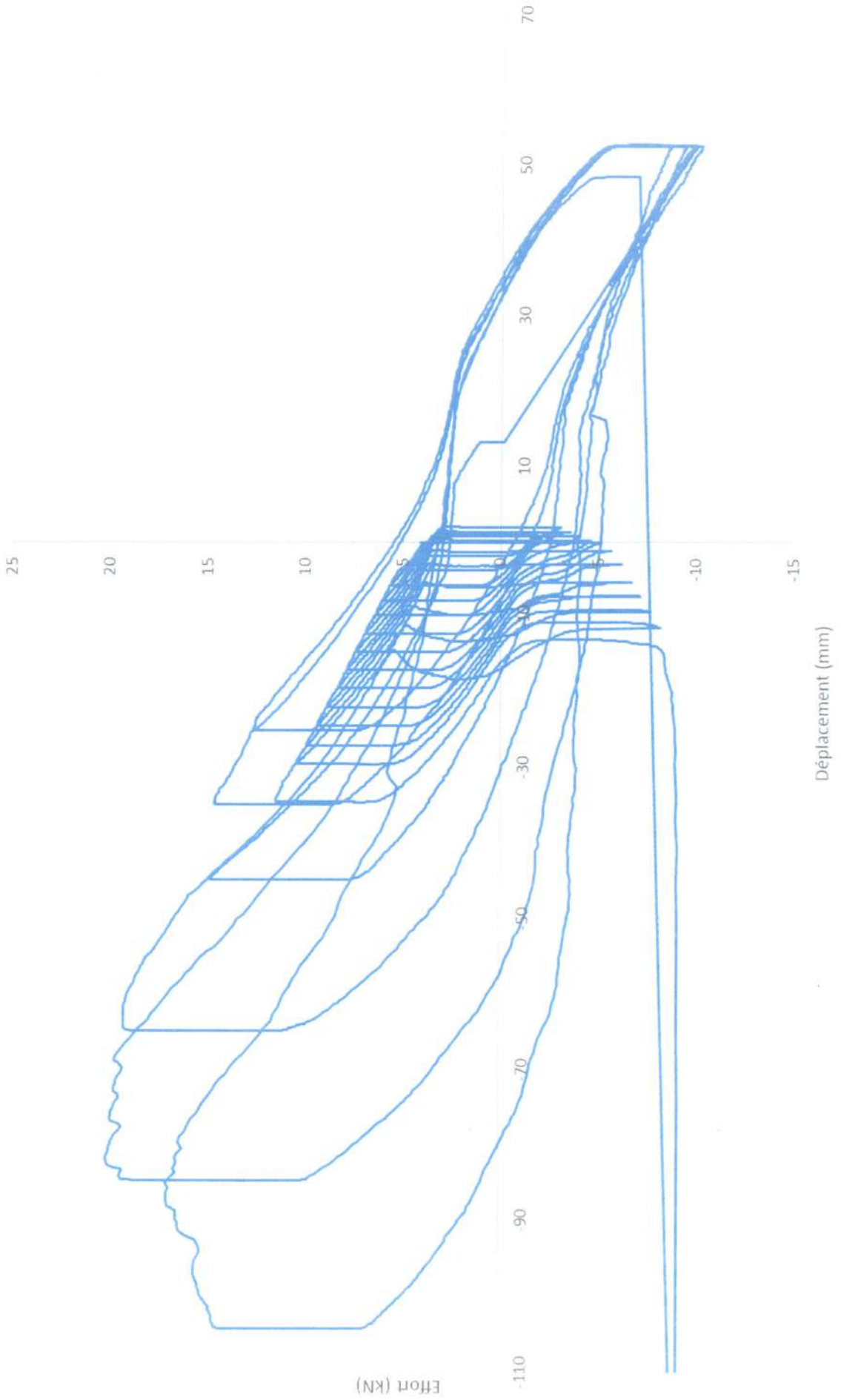
Essai statique
Maquette n°1 - Capteur n°8



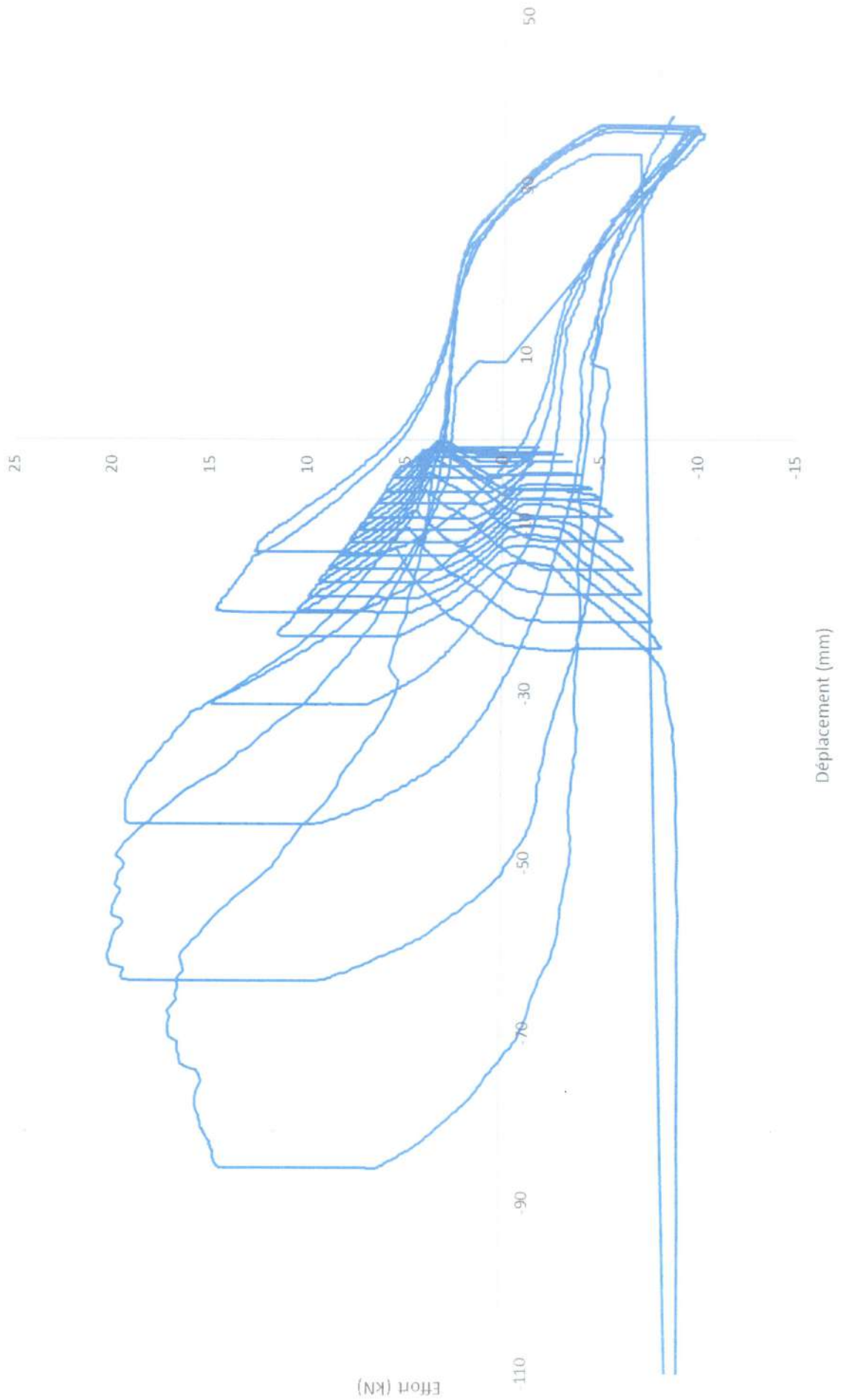
Essai statique
Maquette n°1 - Capteur n°9



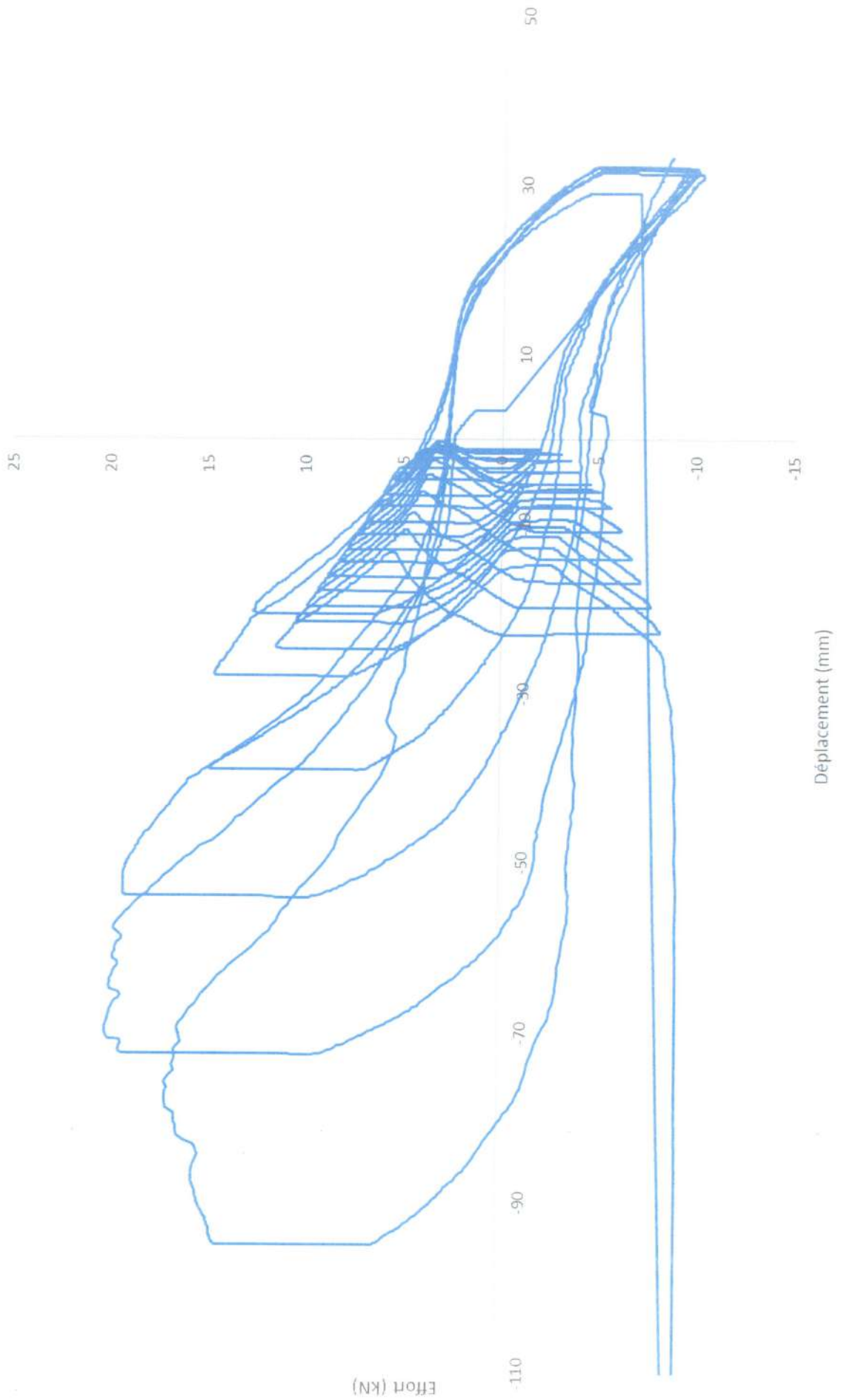
Essai statique
Maquette n°1 - Capteur n°12



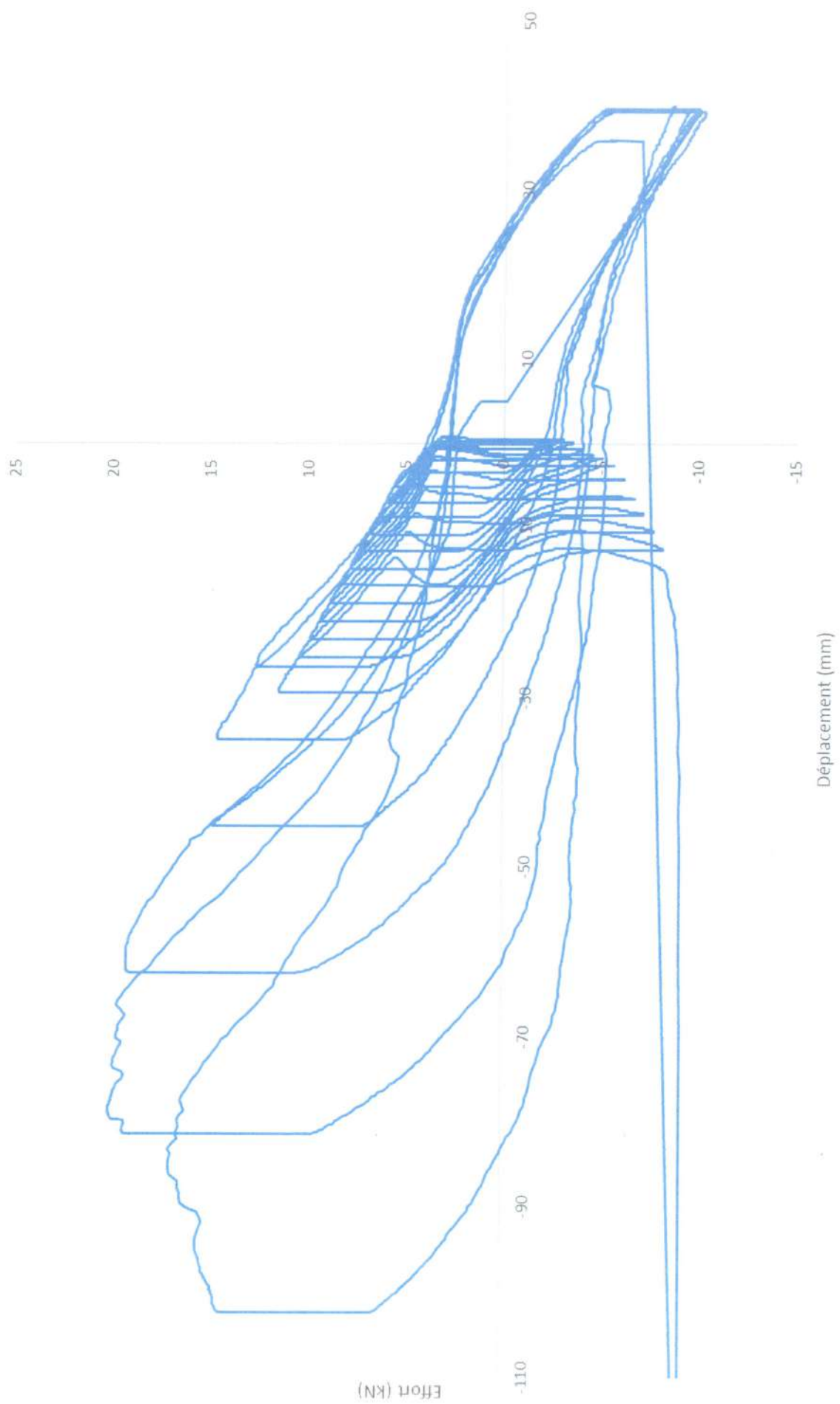
Essai statique
Maquette n°1 - Capteur n°14



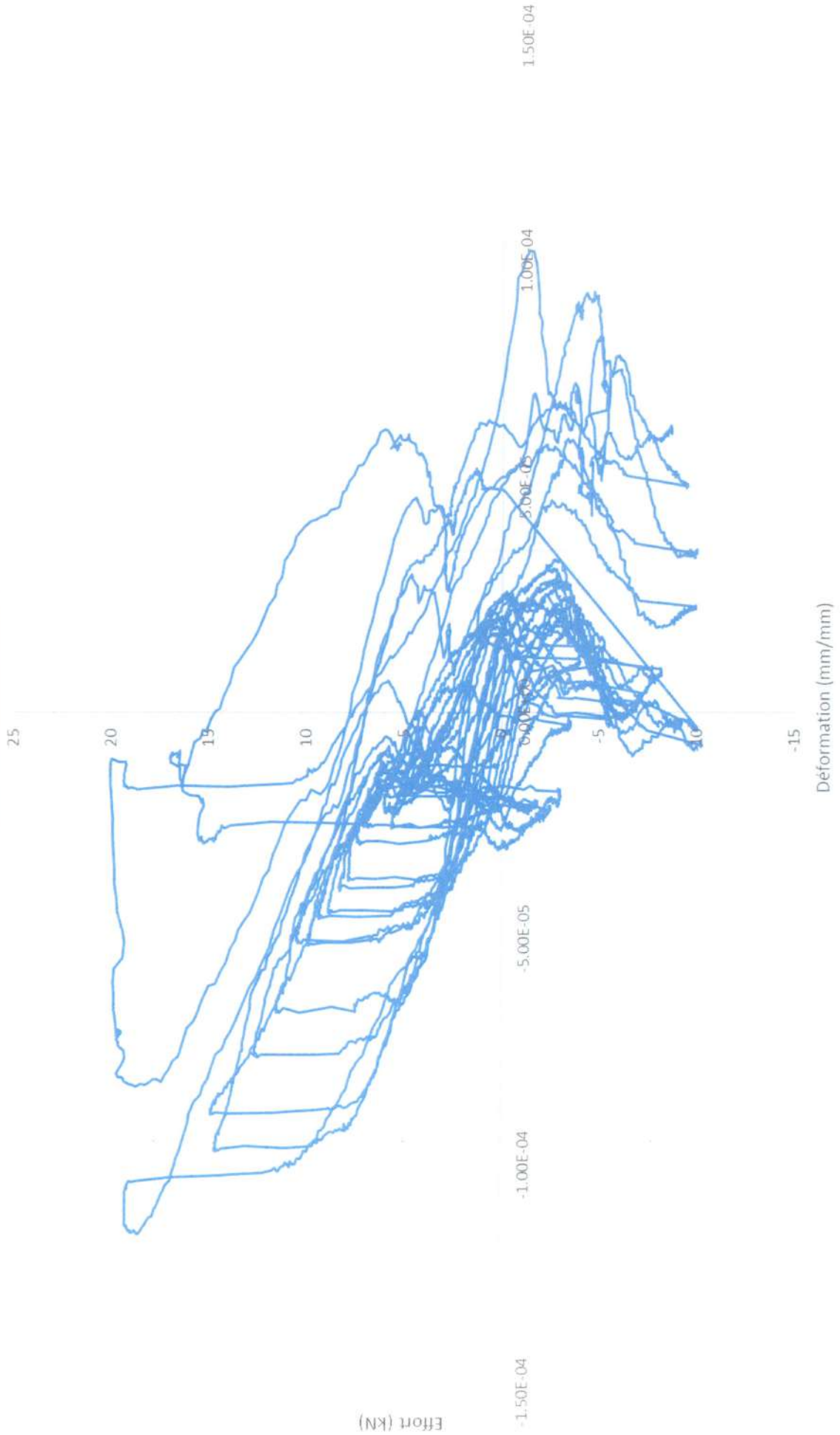
Essai statique
Maquette n°1 - Capteur n°15



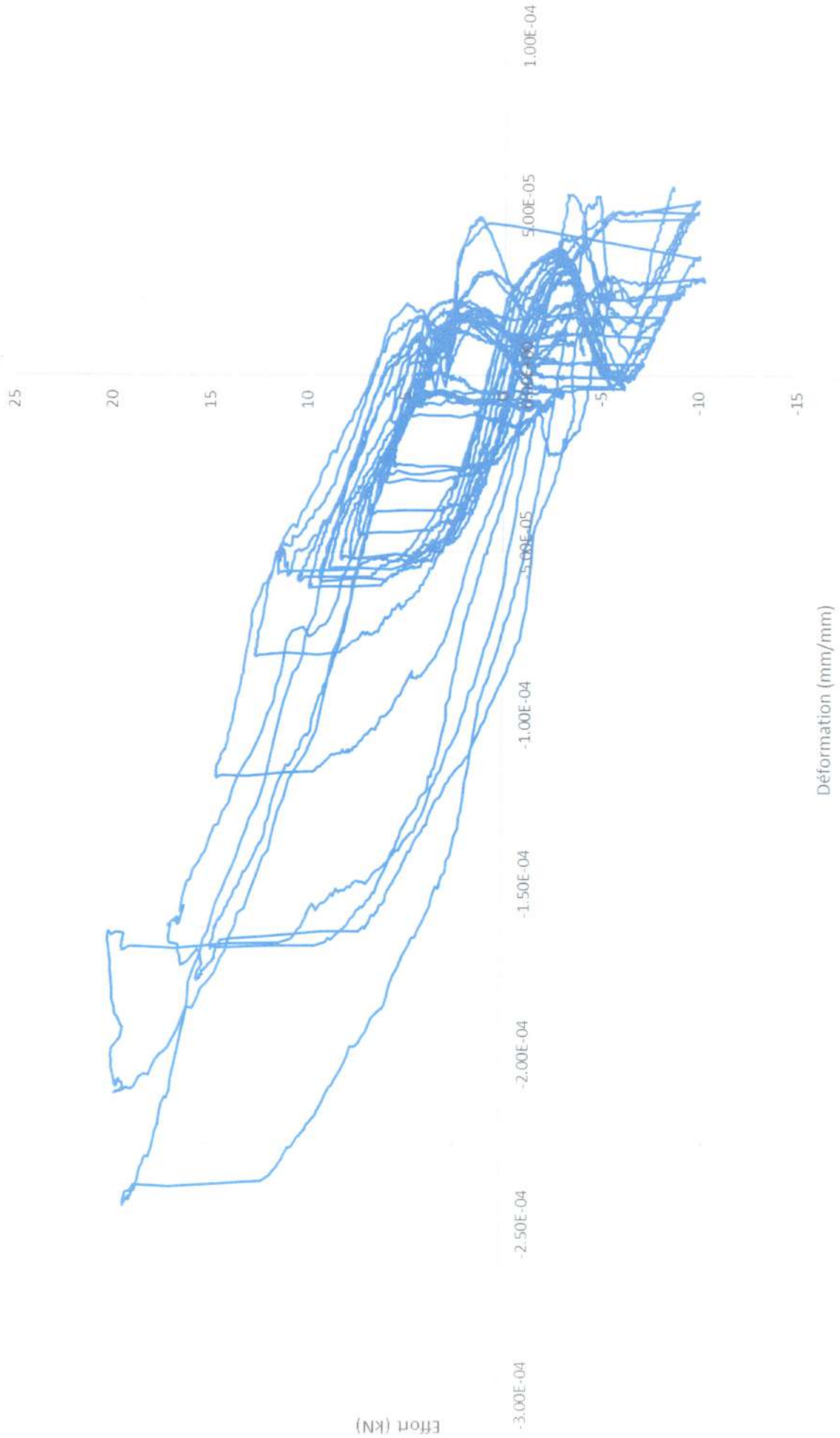
Essai statique
Maquette n°1 - Capteur n°16



Essai statique
Maquette n°1 - Jauge n°1

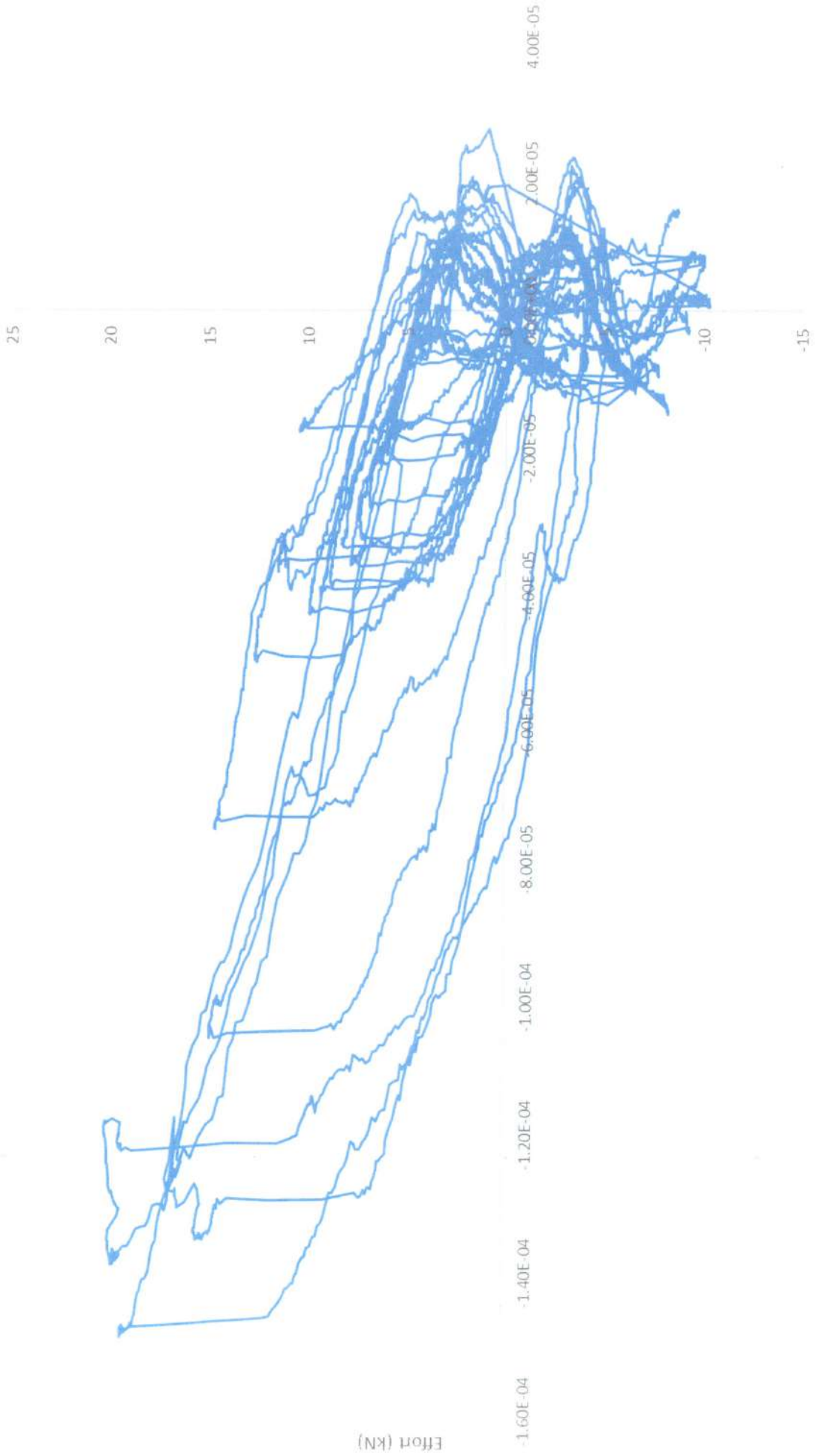


Essai statique
Maquette n°1 - Jauge n°2

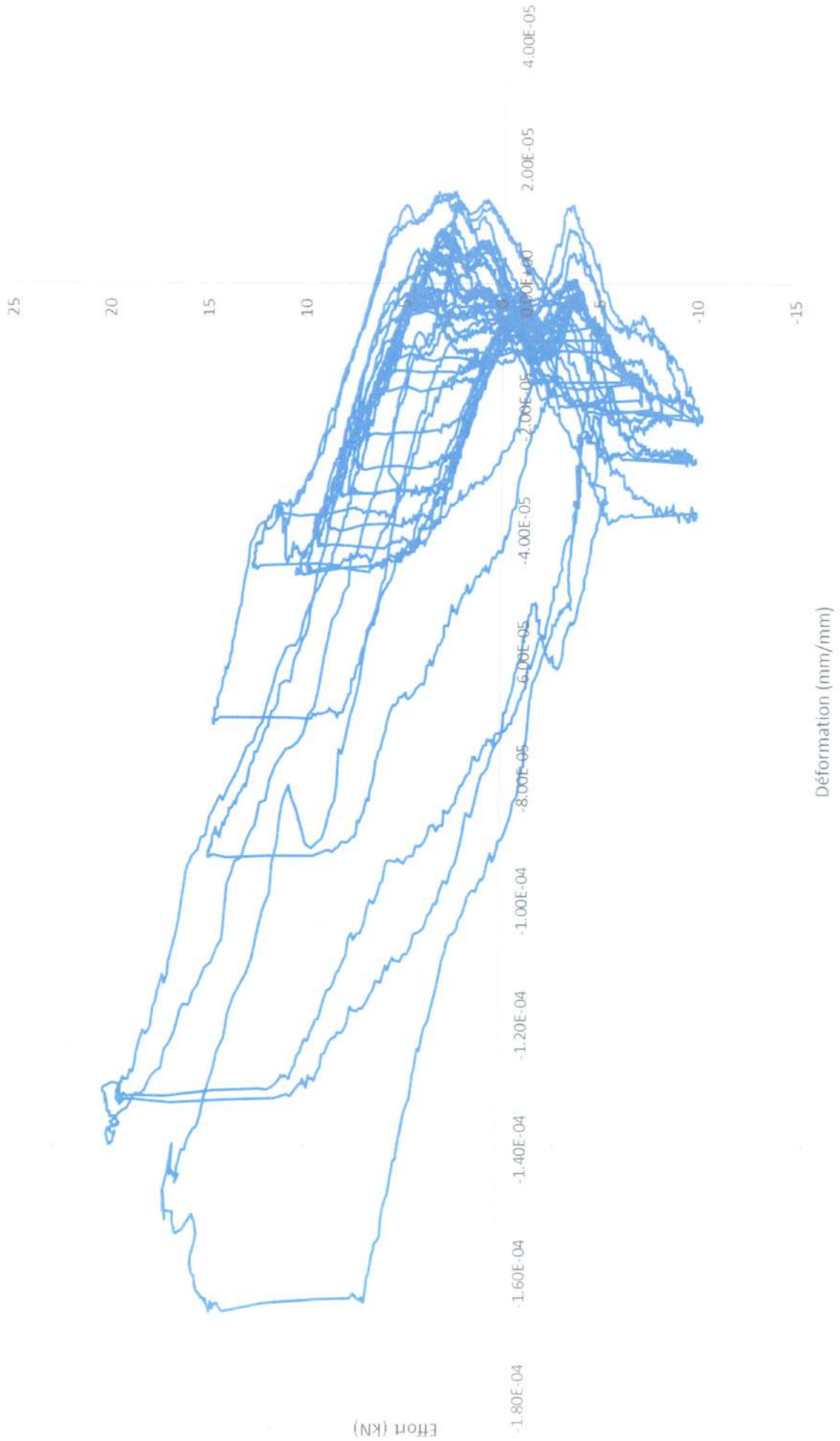


Essai statique

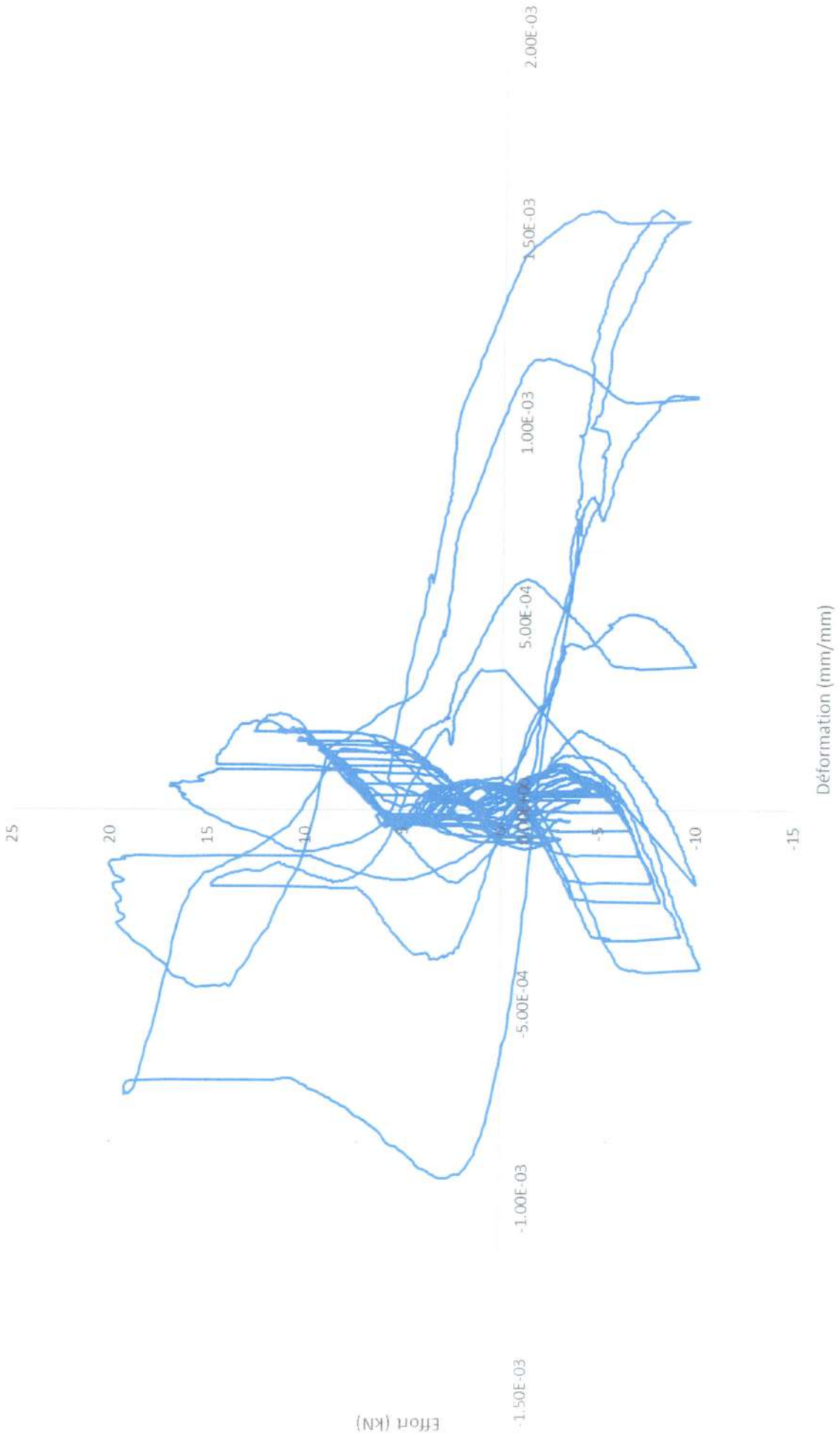
Maquette n°1 - Jauge n°3



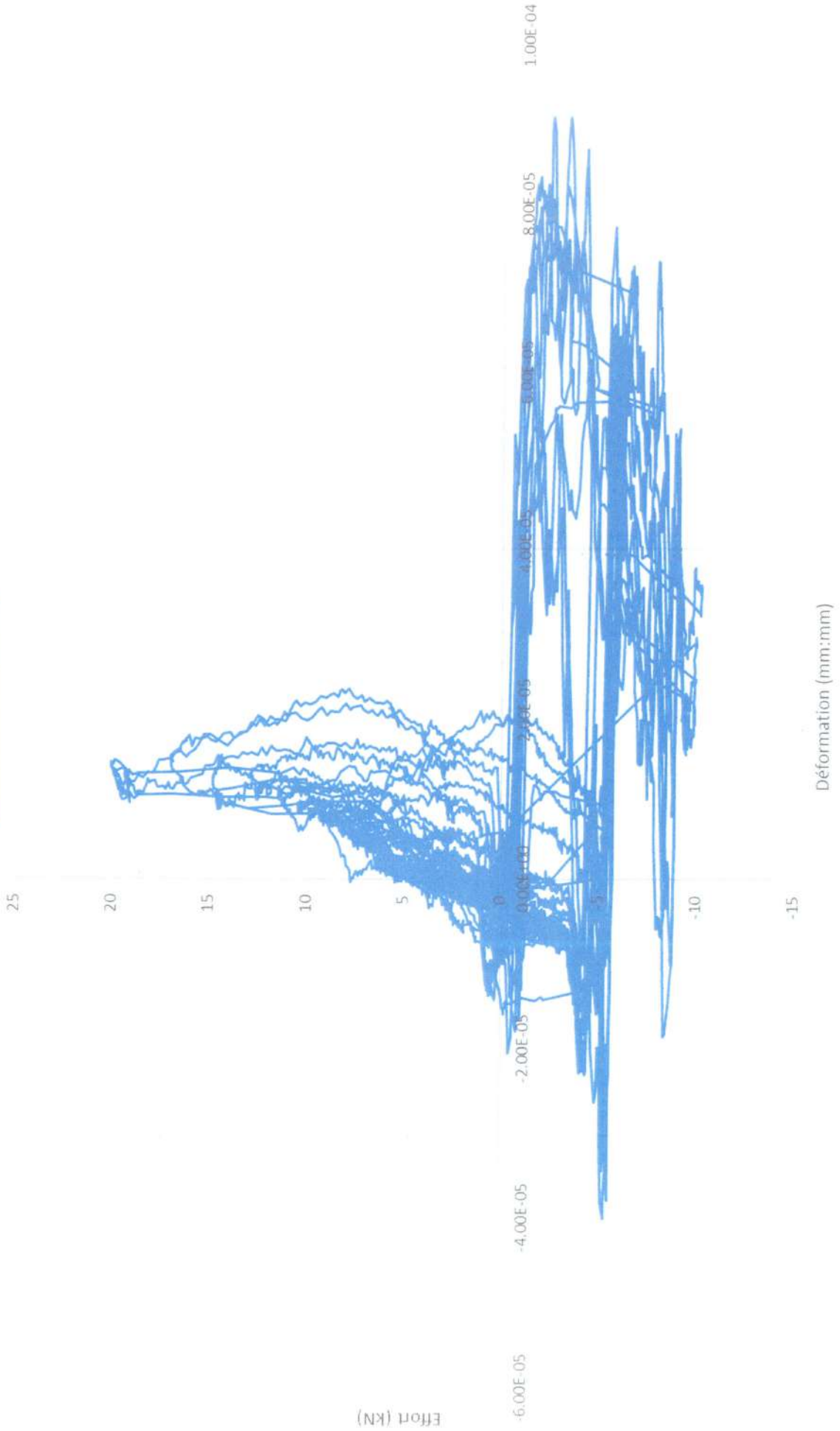
Essai statique
Maquette n°1 - Jauge n°4



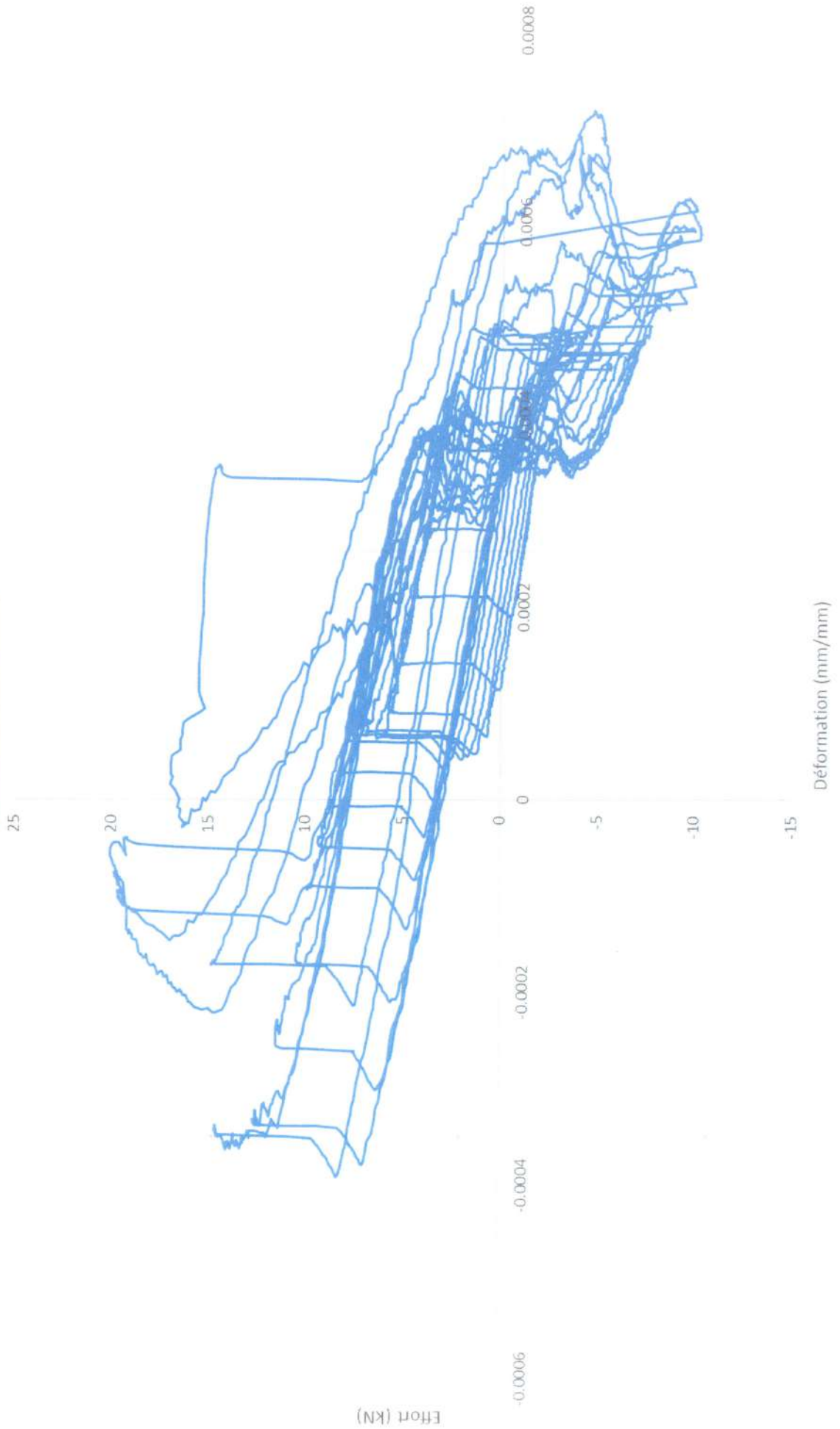
Essai statique
Maquette n°1 - Jauge n°5



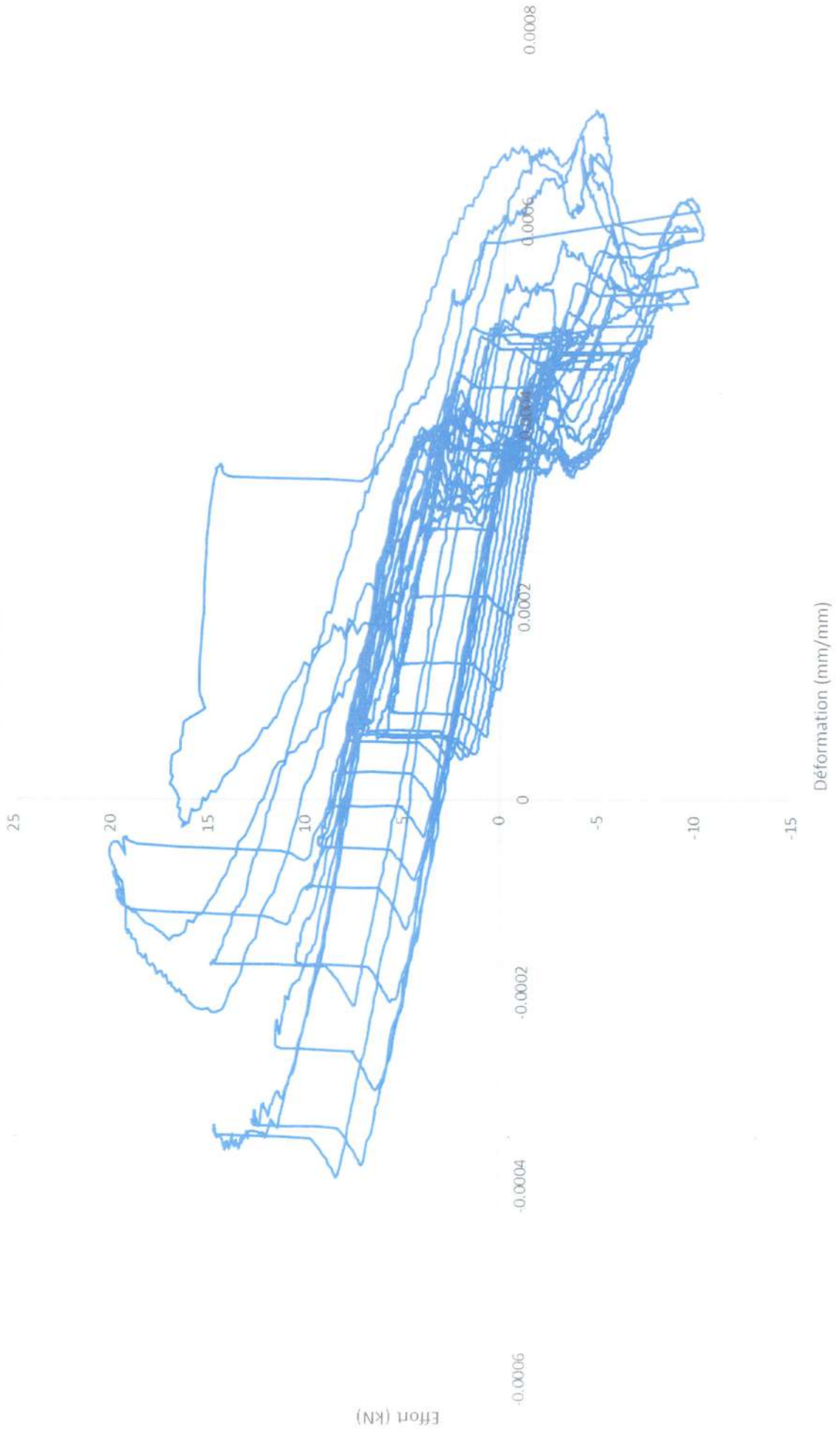
Essai statique
Maquette n°1 - Jauge n°6



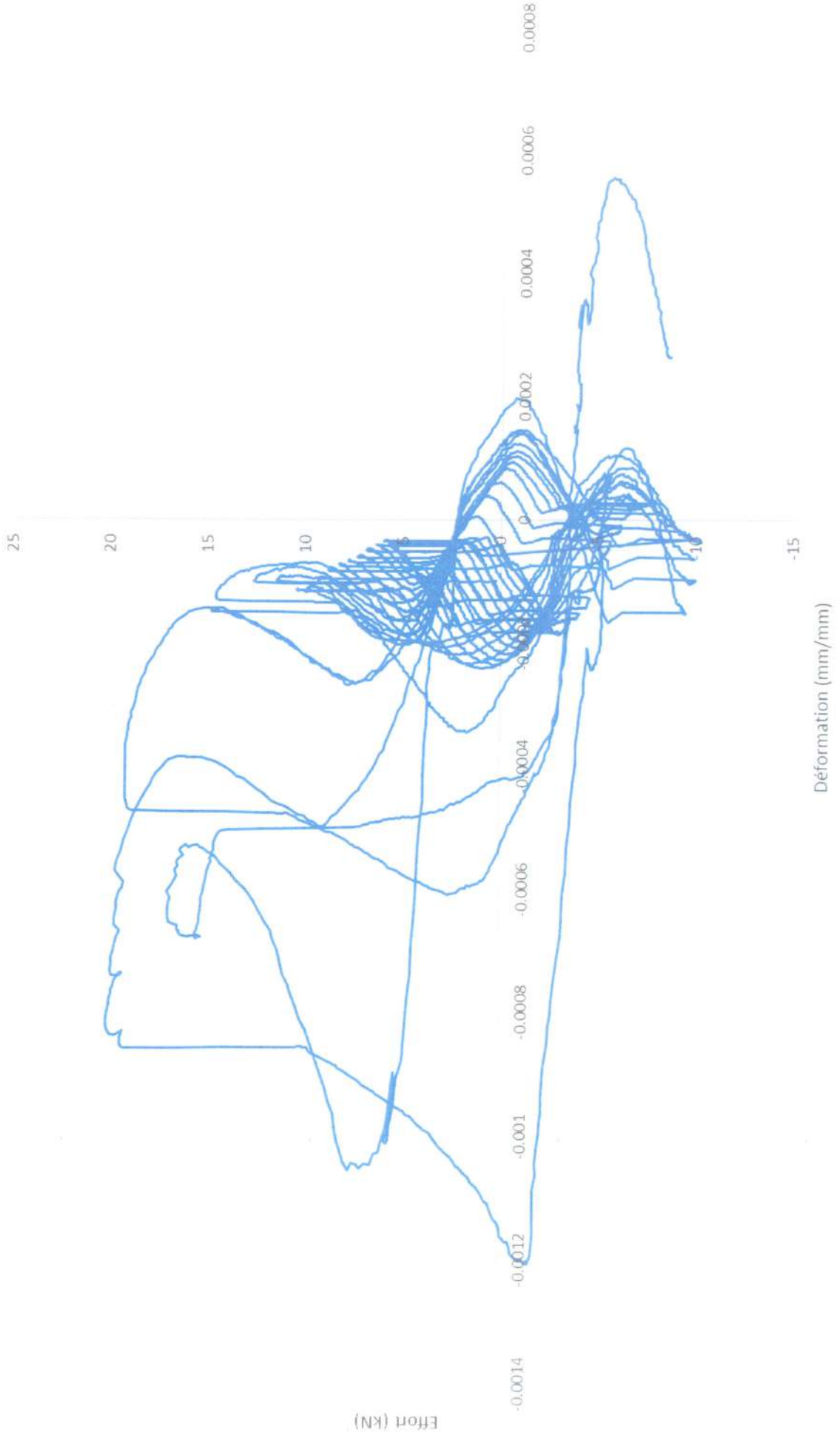
Essai statique
Maquette n°1 - Jauge n°7



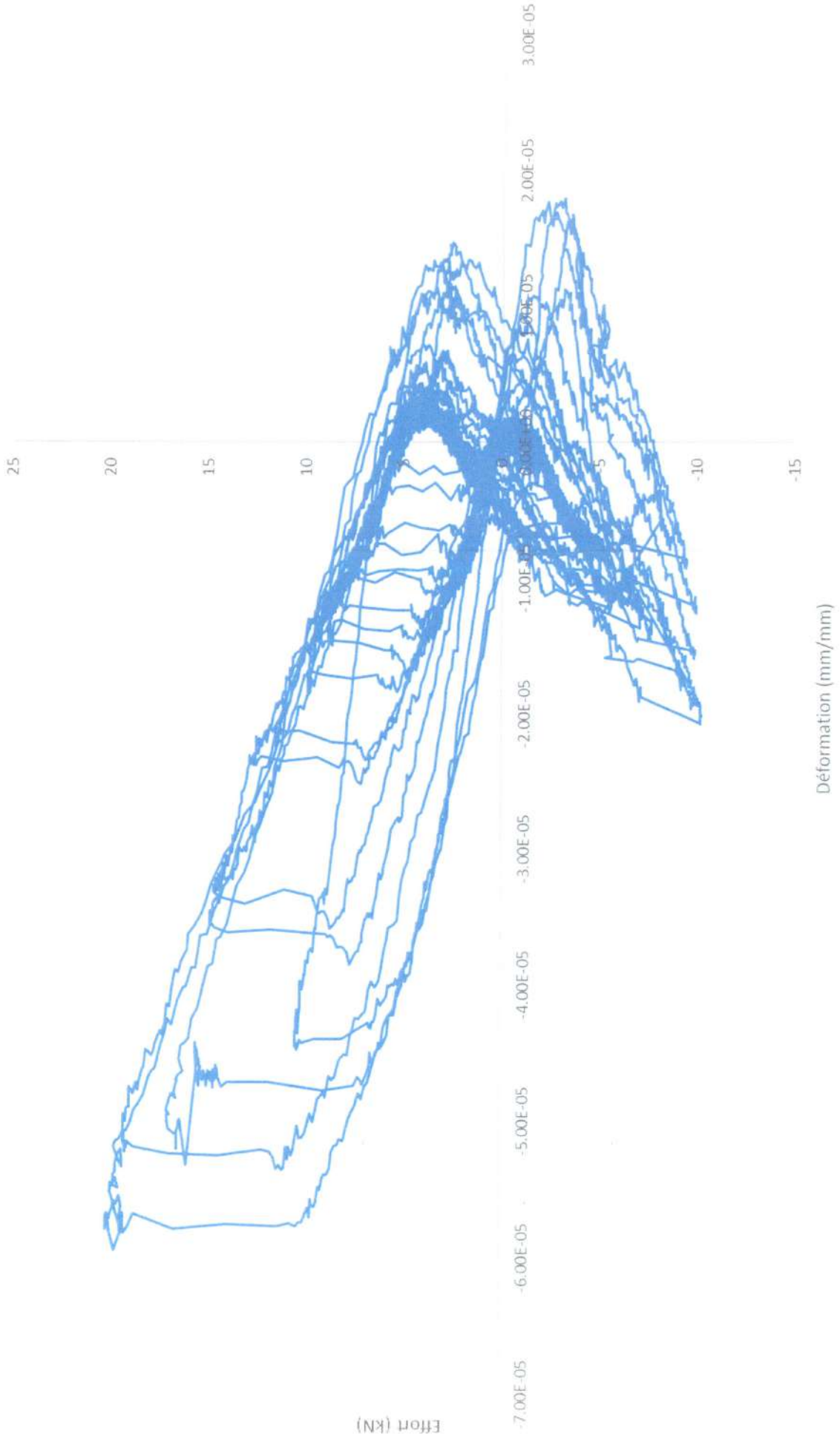
Essai statique
Maquette n°1 - Jauge n°8



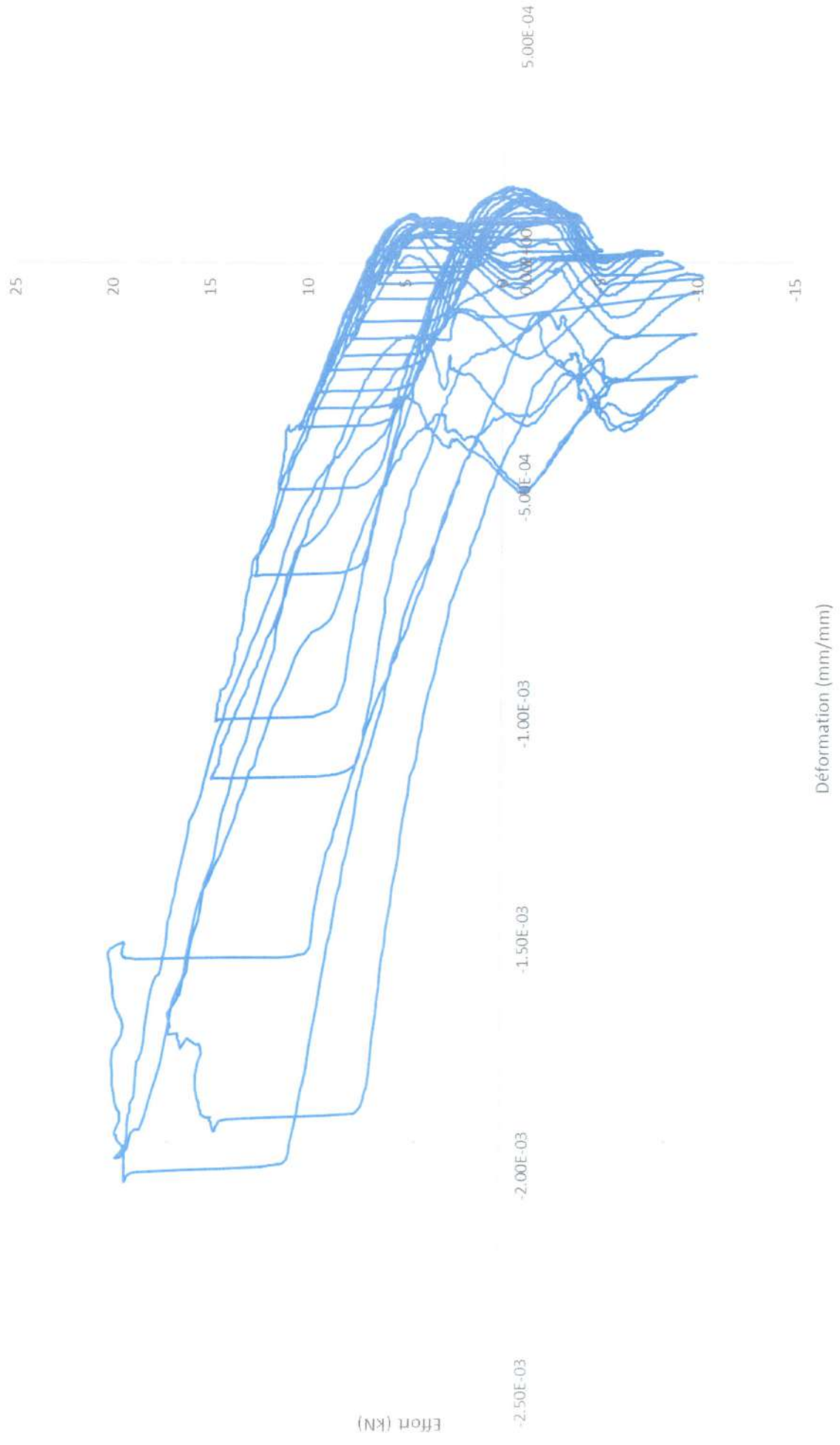
Essai statique
Maquette n°1 - Jauge n°9



Essai statique
Maquette n°1 - Jauge n°10



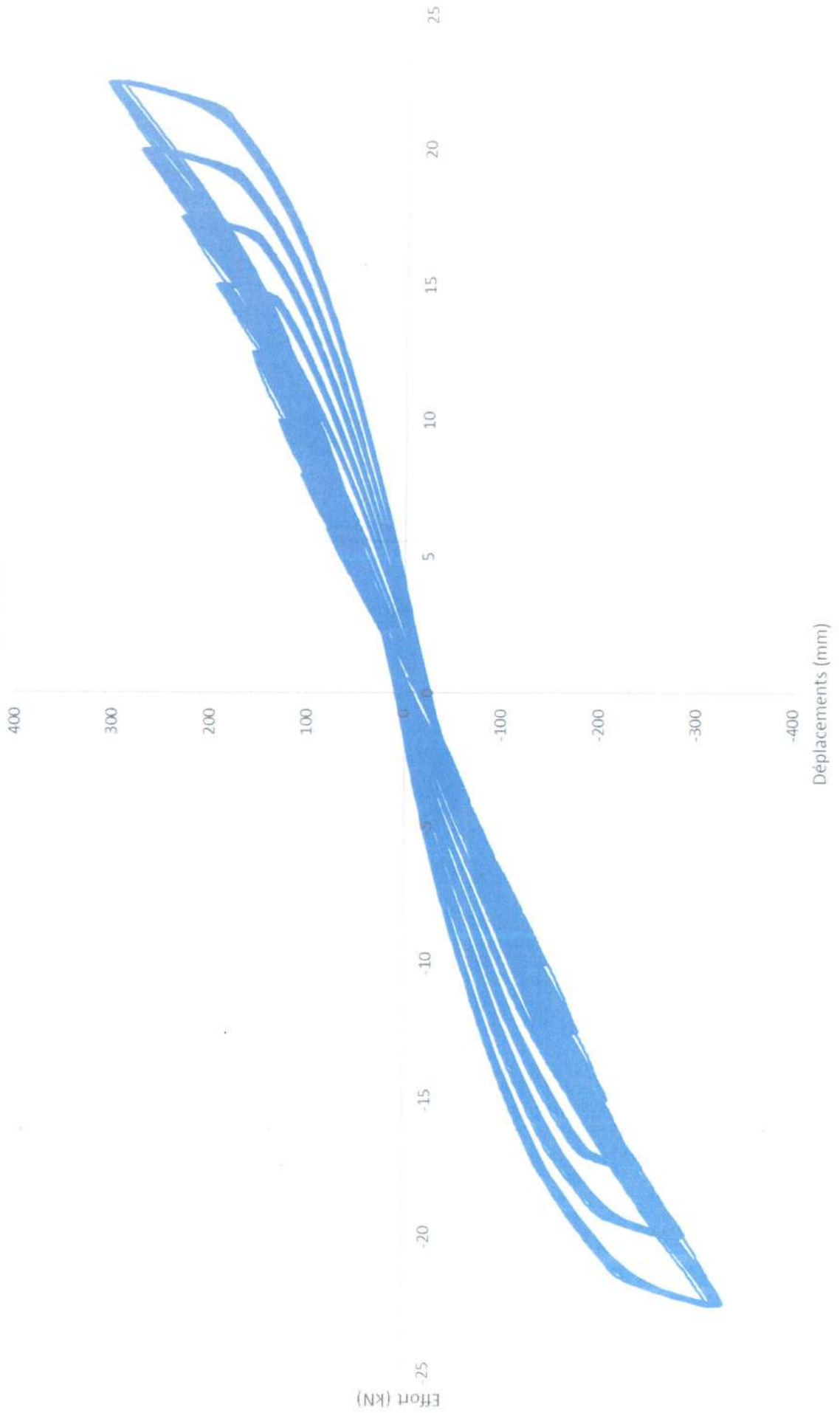
Essai statique
Maquette n°1 - Jauge n°11



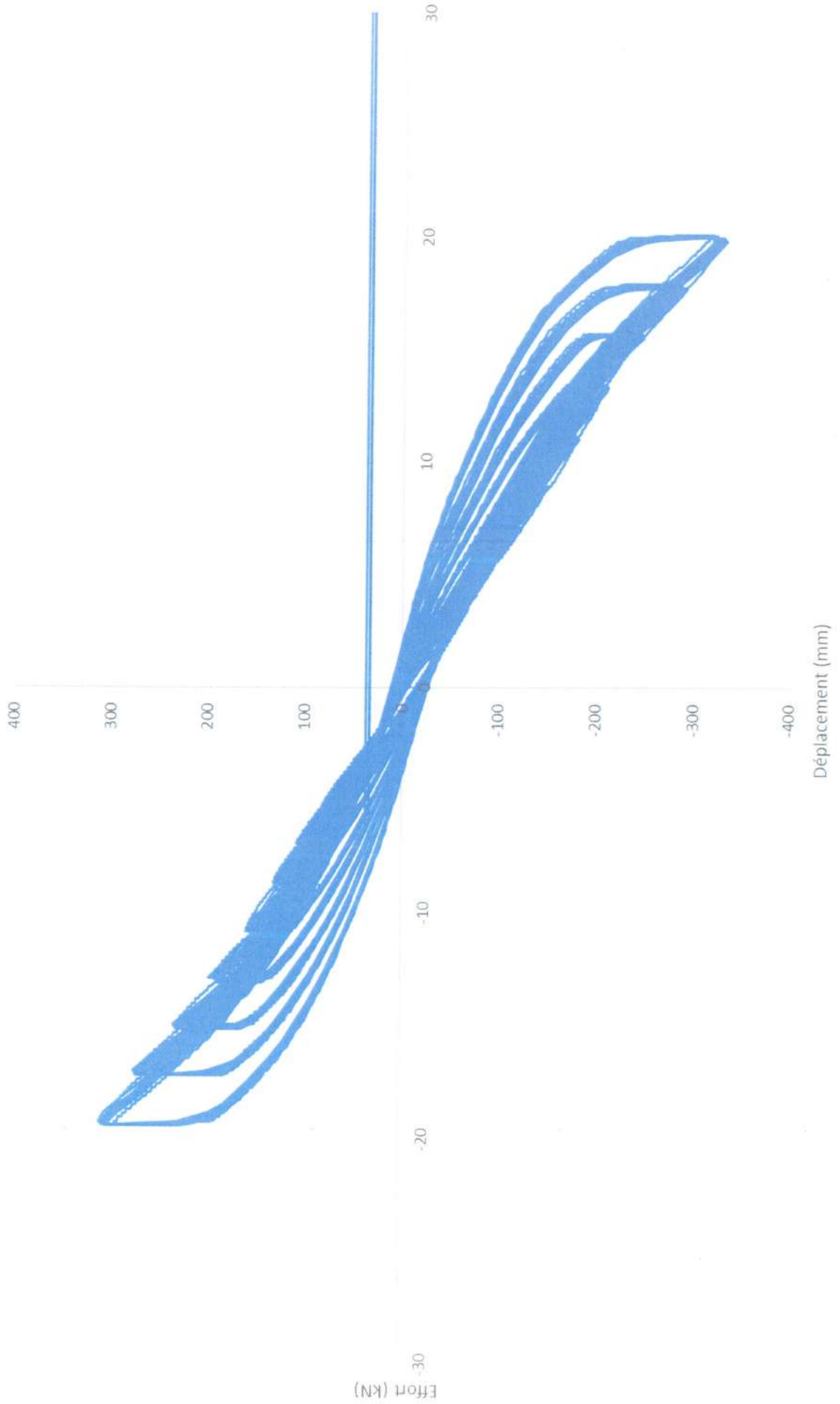
ANNEXE 5

Résultats des essais : maquette n°3

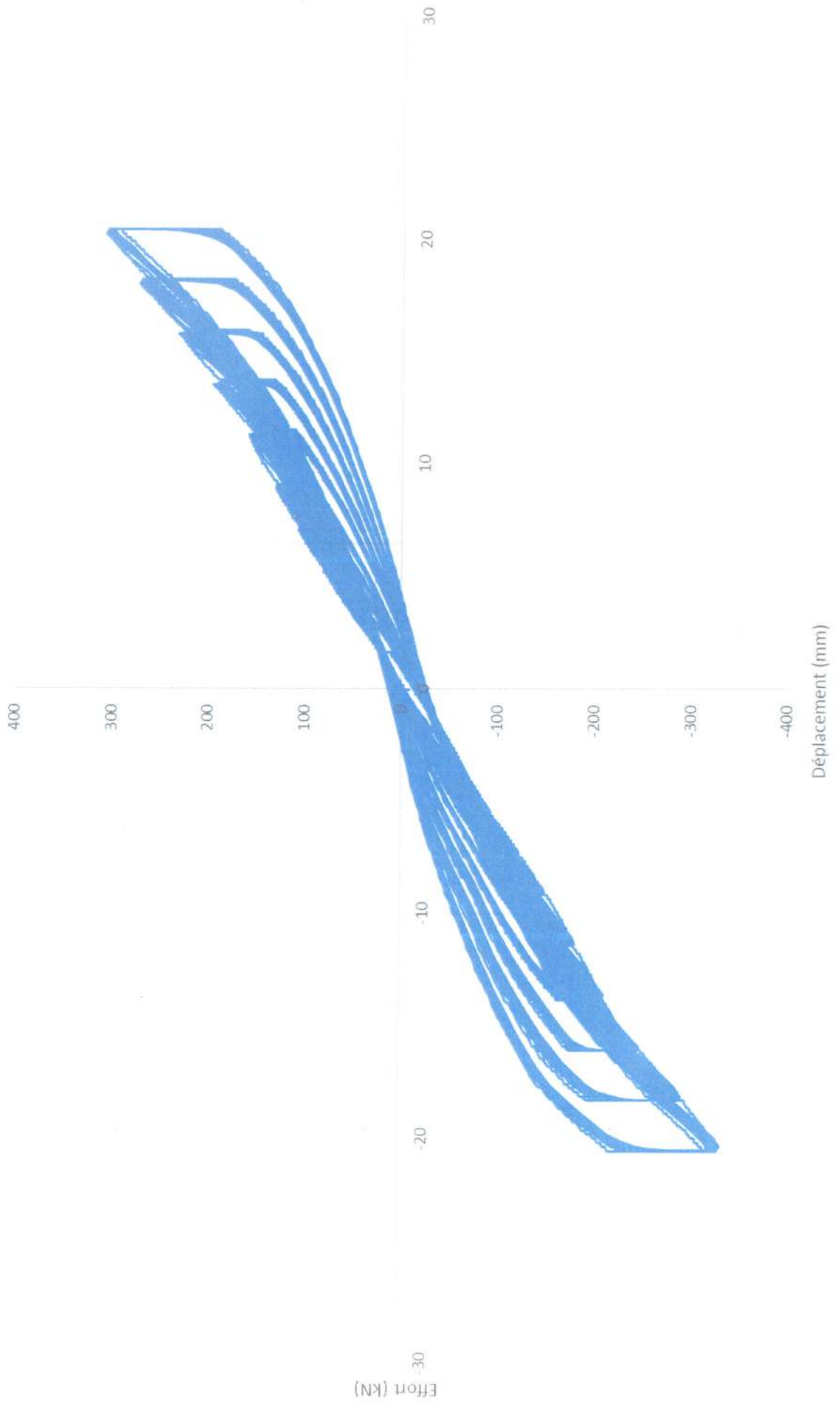
Essai dynamique
Maquette n°3- Déplacement vérin



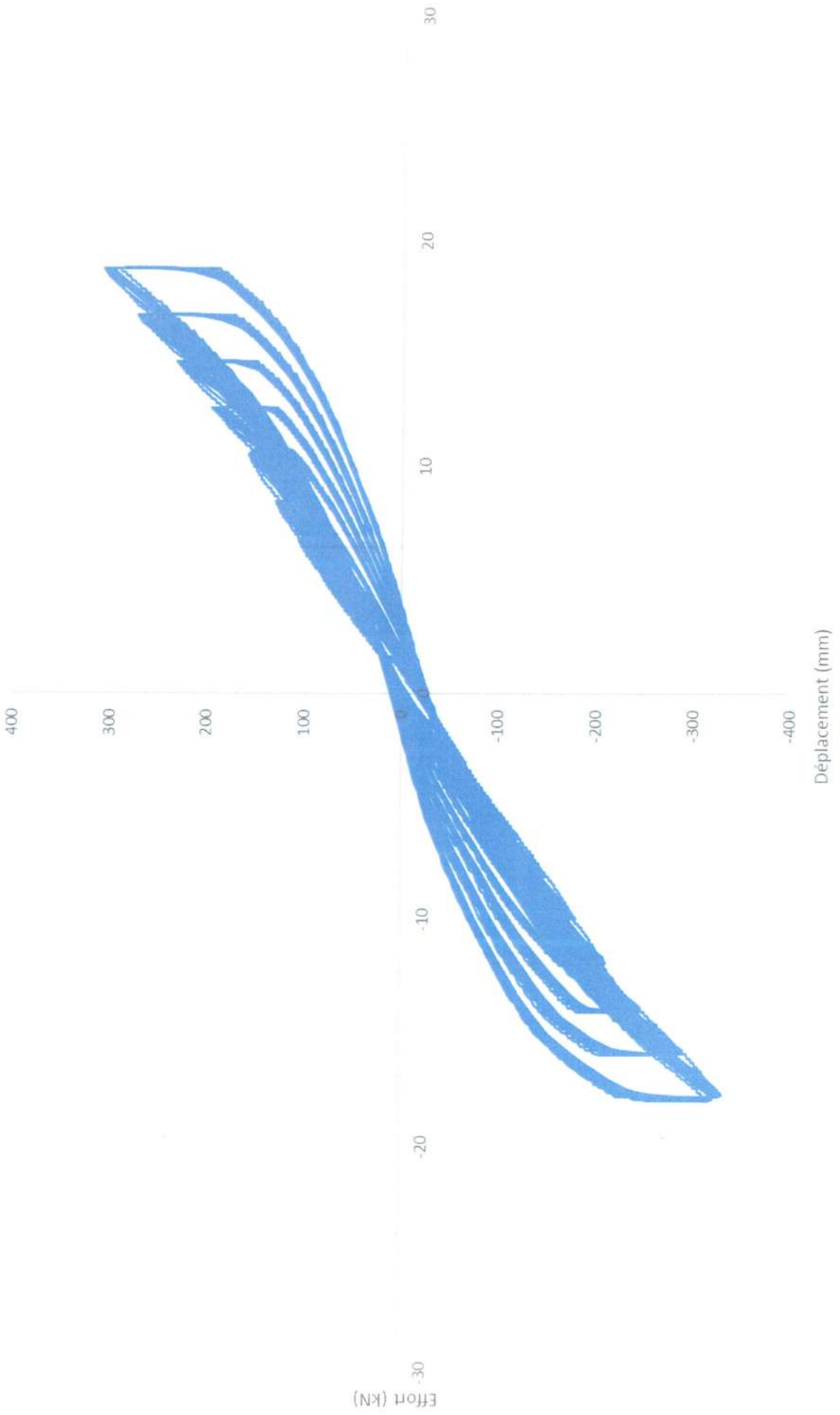
Essai dynamique
Maquette n°3- Capteur 1



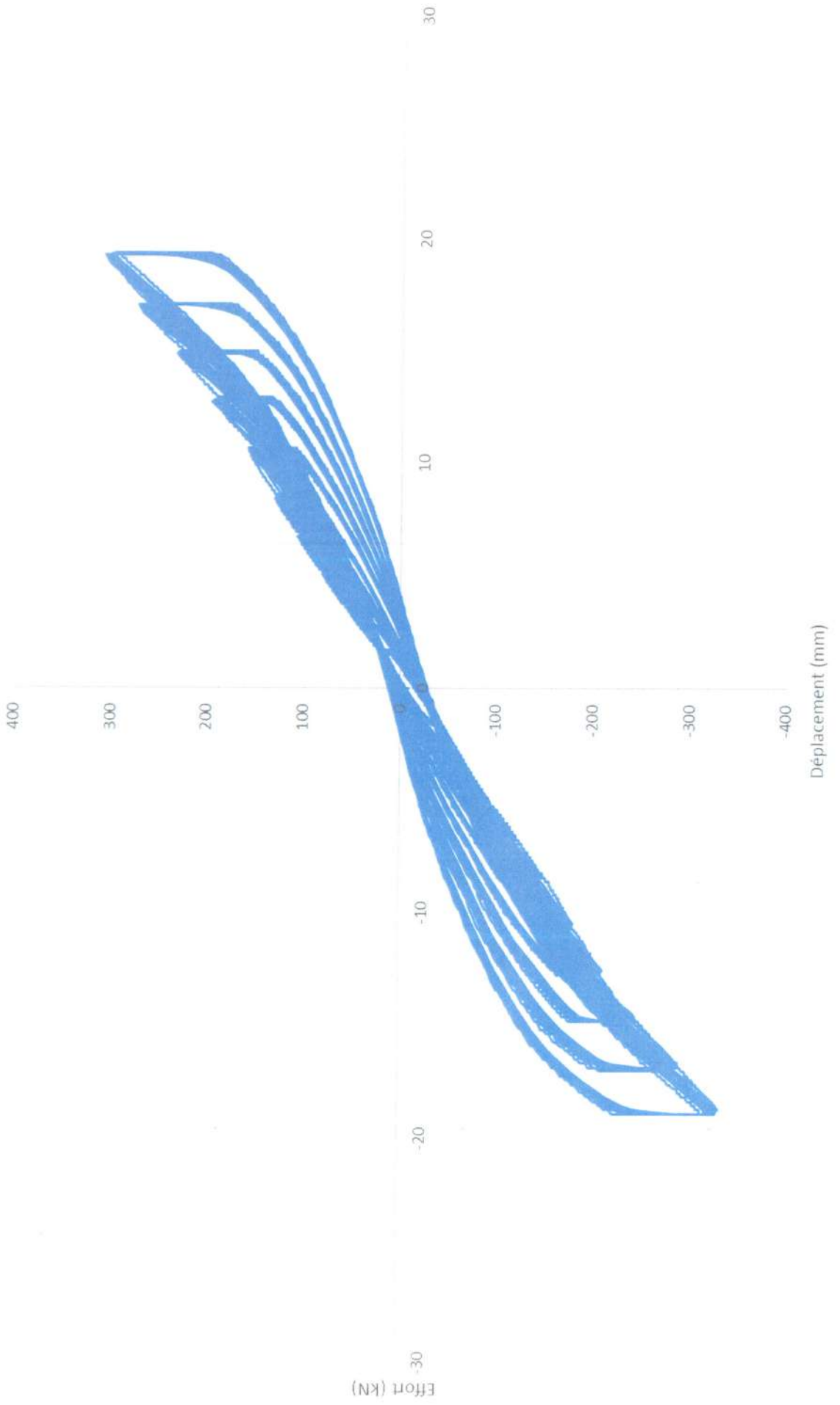
Essai dynamique
Maquette n°3- Capteur 2



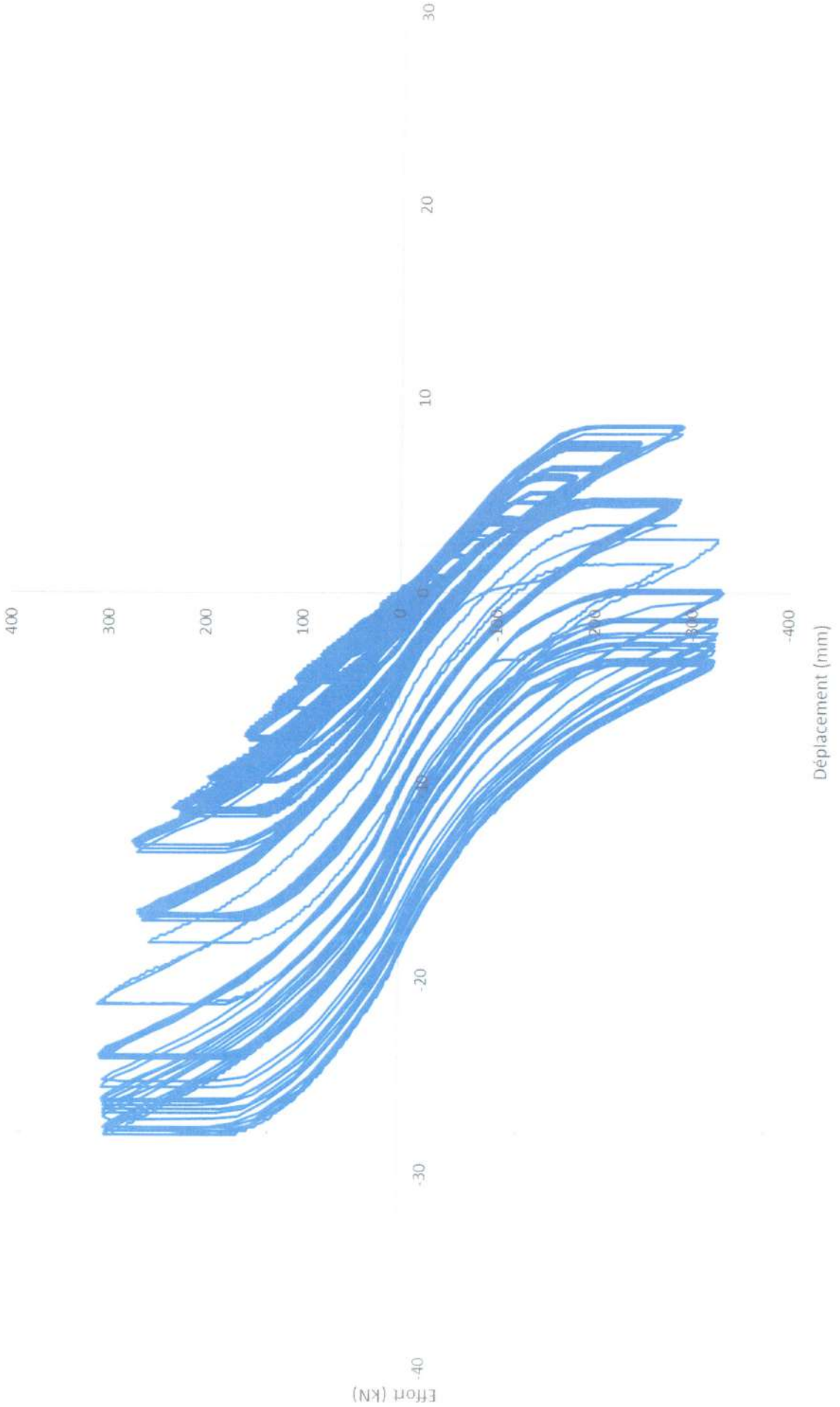
Essai dynamique
Maquette n°3- Capteur 3



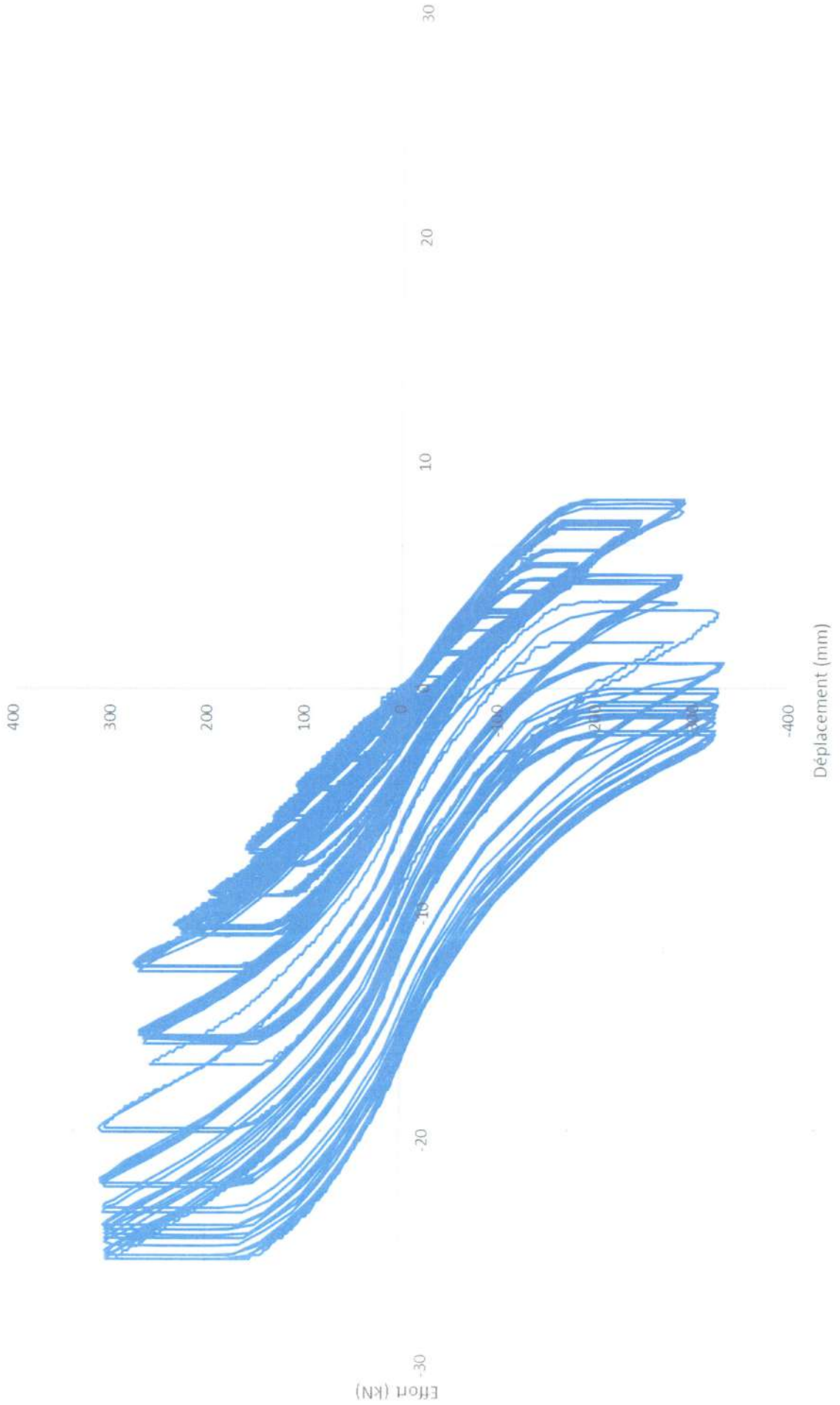
Essai dynamique
Maquette n°3- Capteur 4



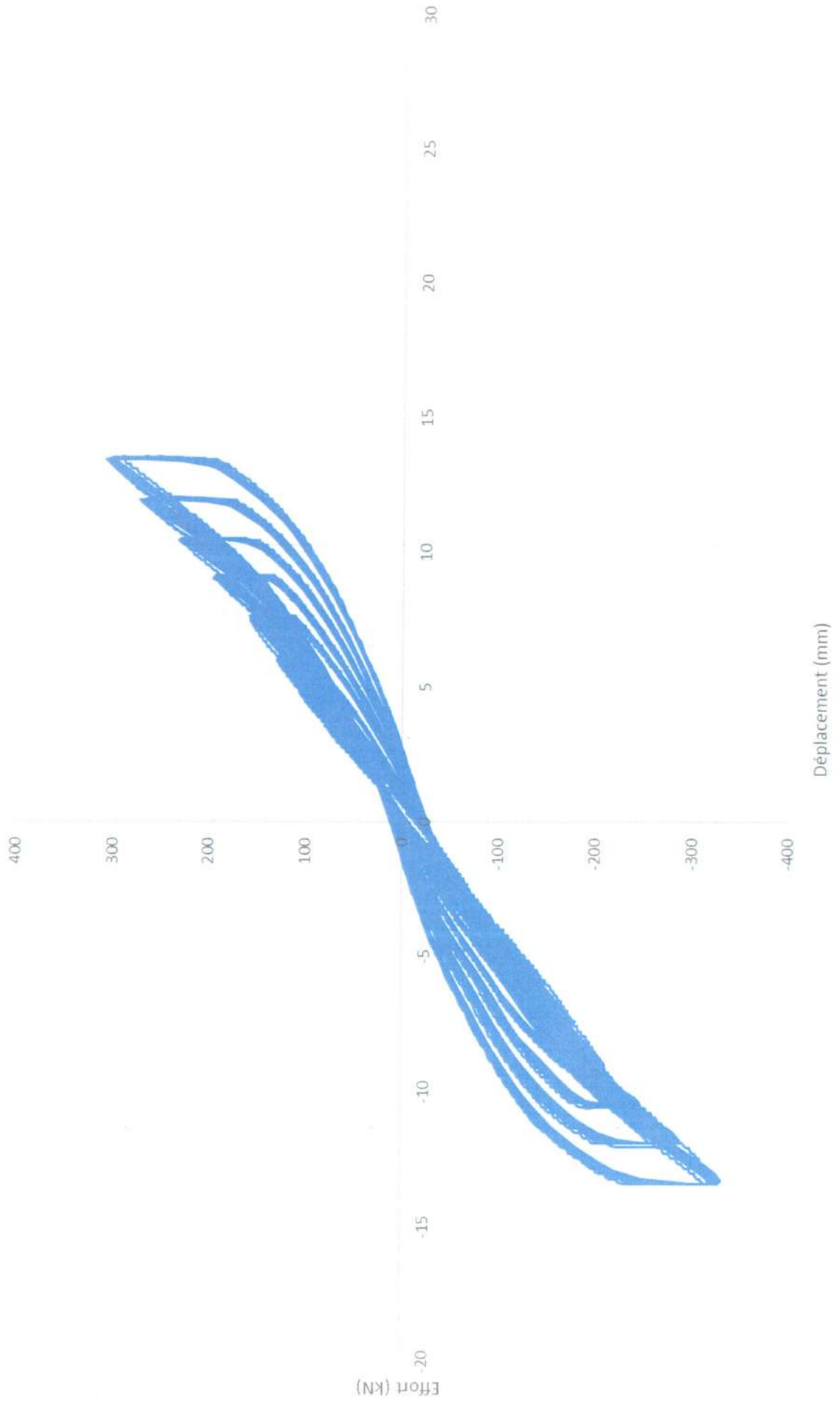
Essai dynamique
Maquette n°3- Capteur 5



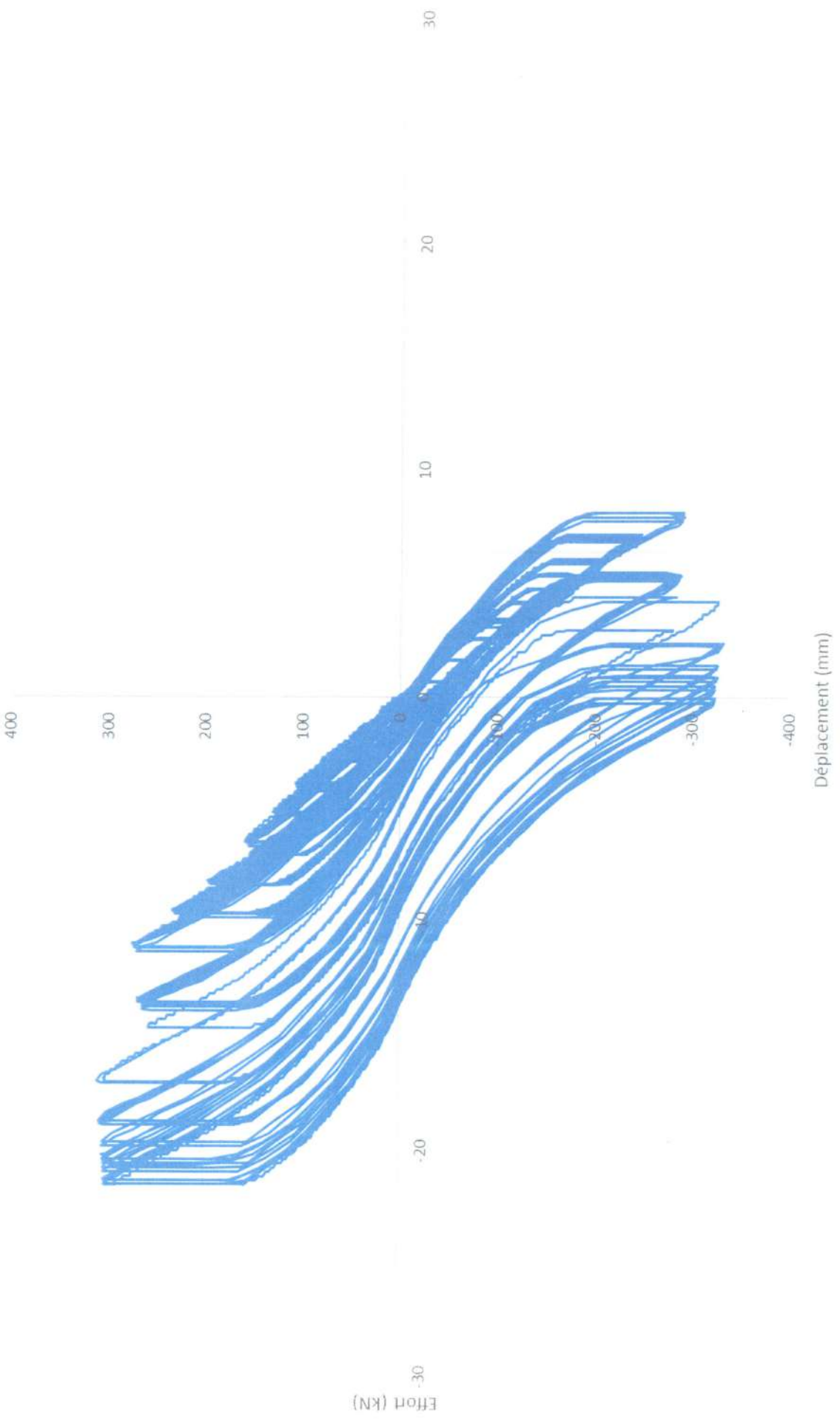
Essai dynamique
Maquette n°3 - Capteur 6



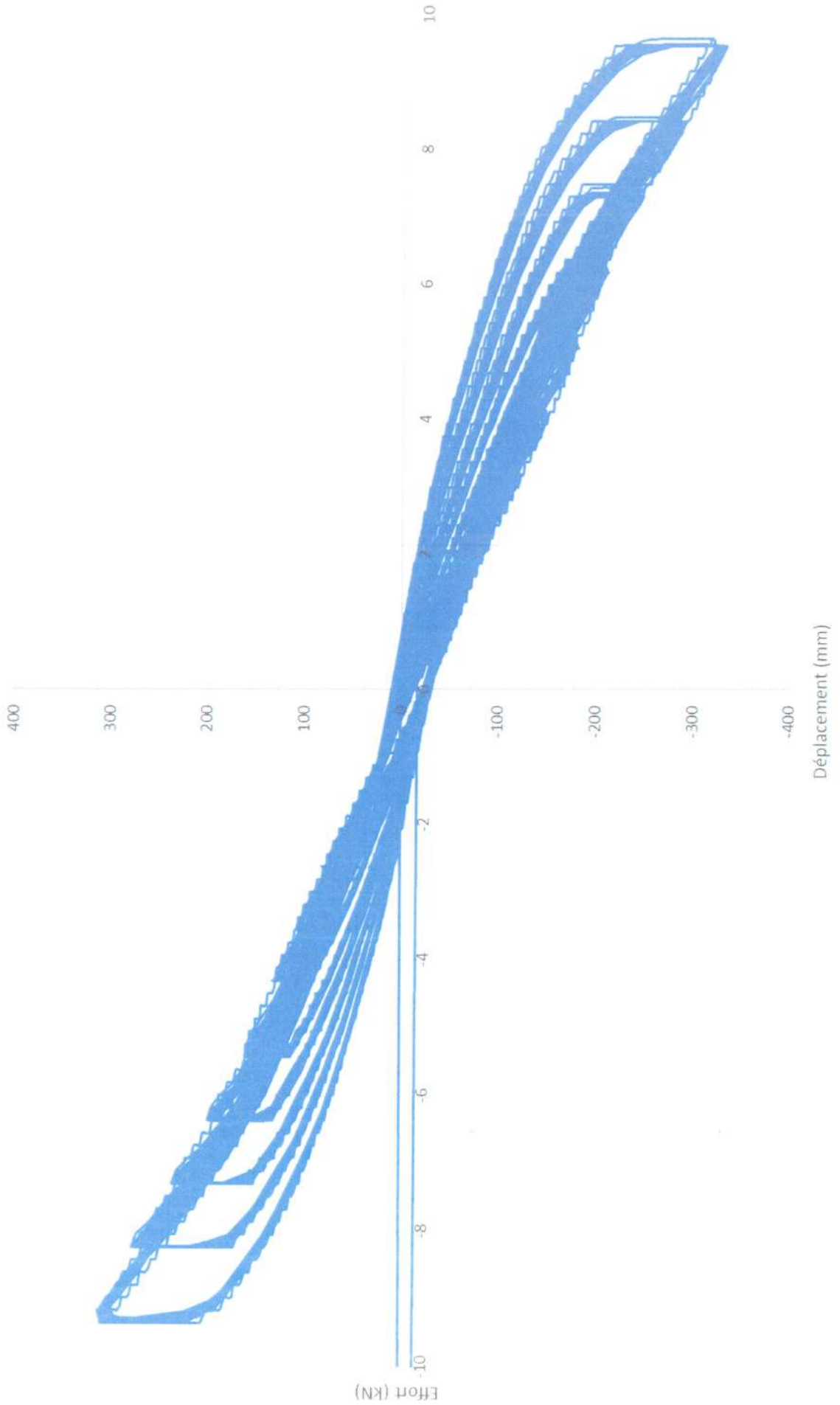
Essai dynamique
Maquette n°3- Capteur 7



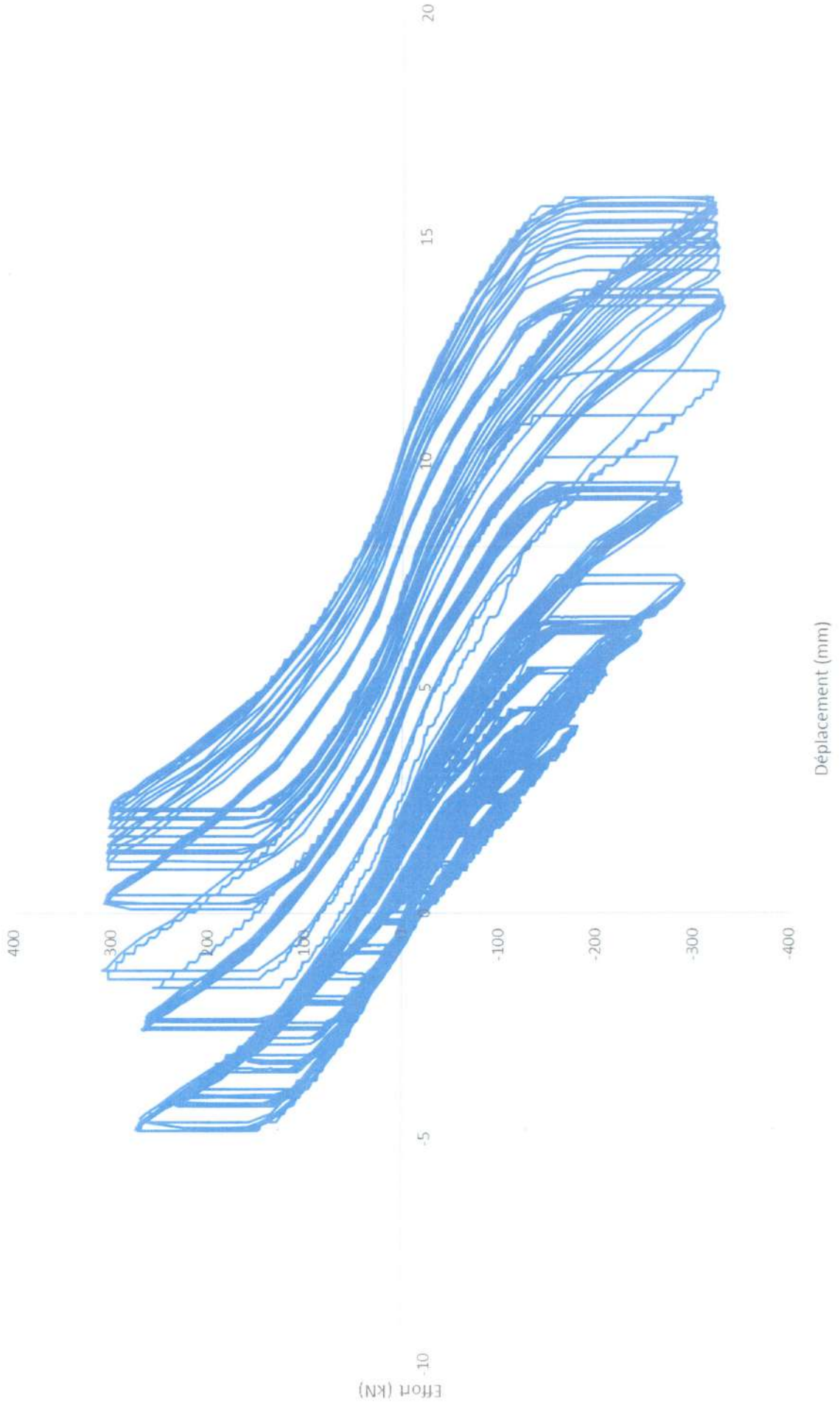
Essai dynamique
Maquette n°3- Capteur 8



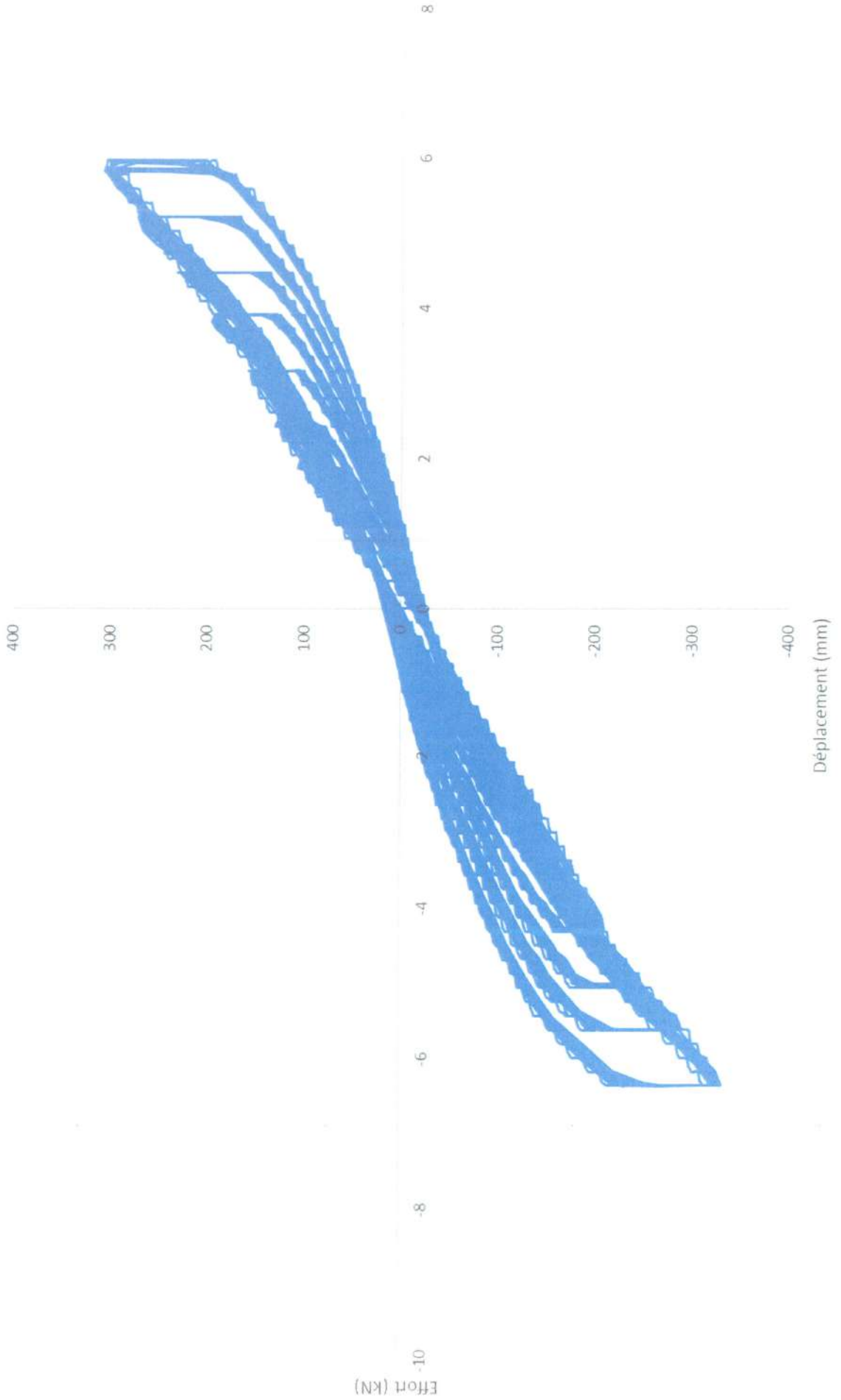
Essai dynamique
Maquette n°3- Capteur 9



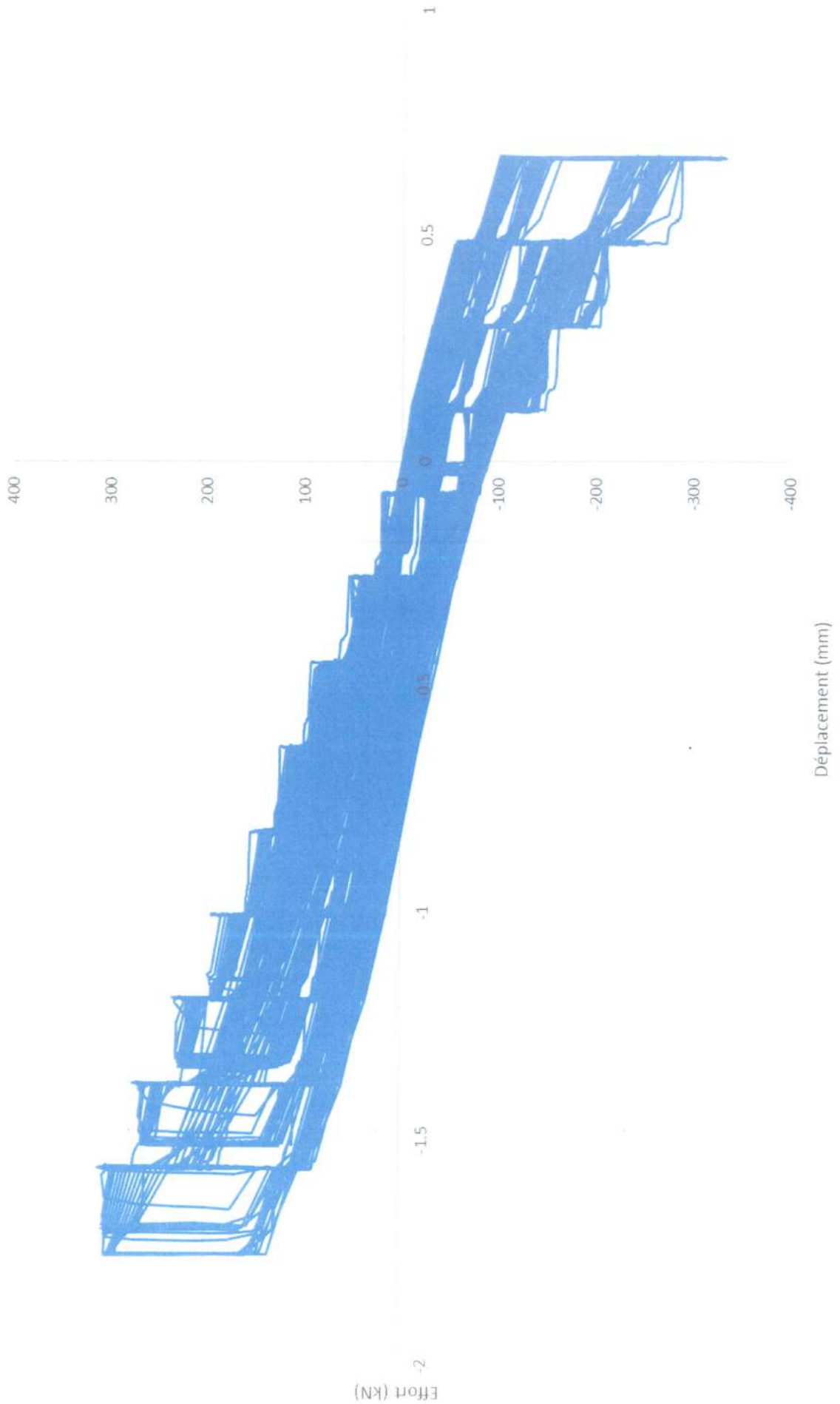
Essai dynamique
Maquette n°3- Capteur 11



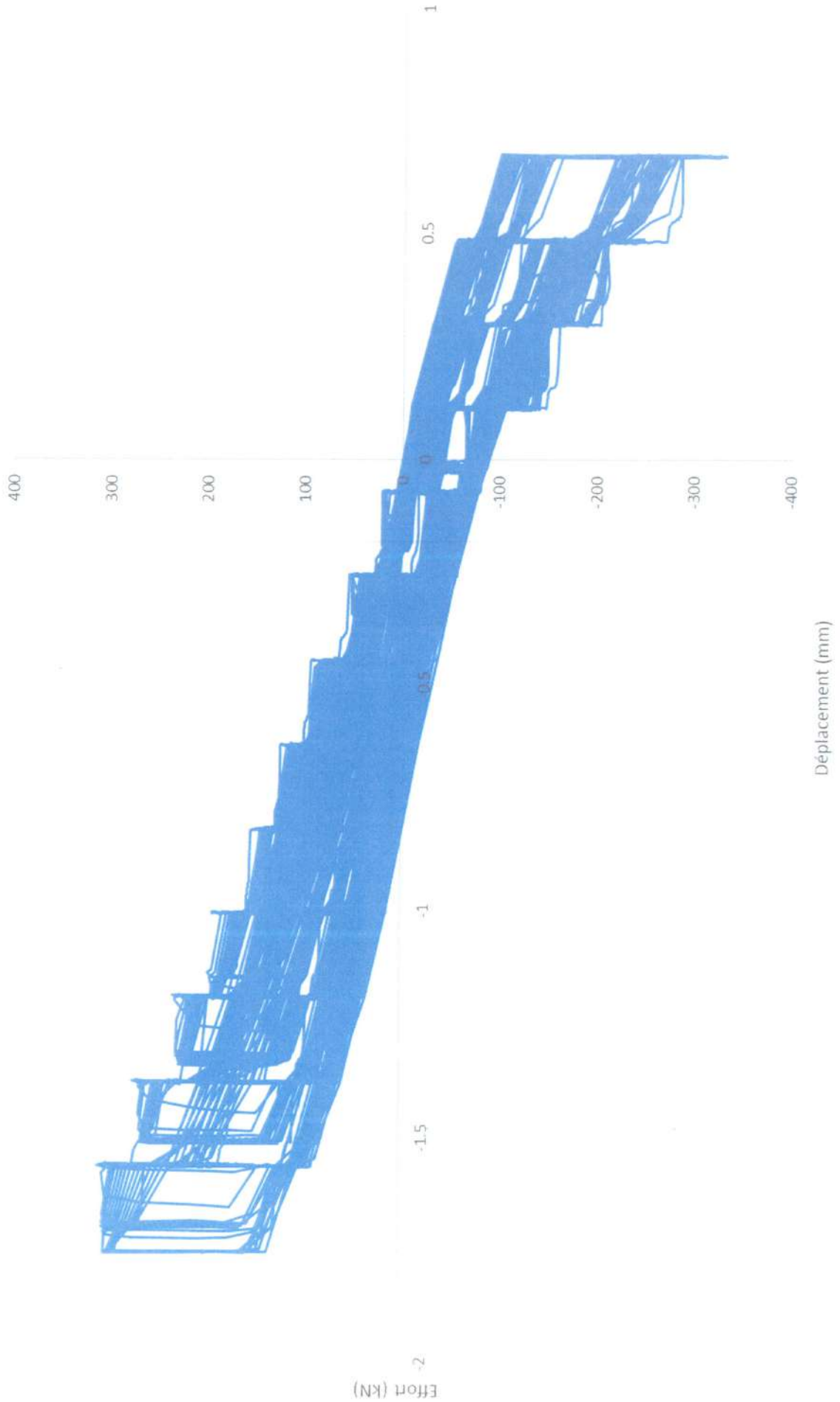
Essai dynamique
Maquette n°3- Capteur 12



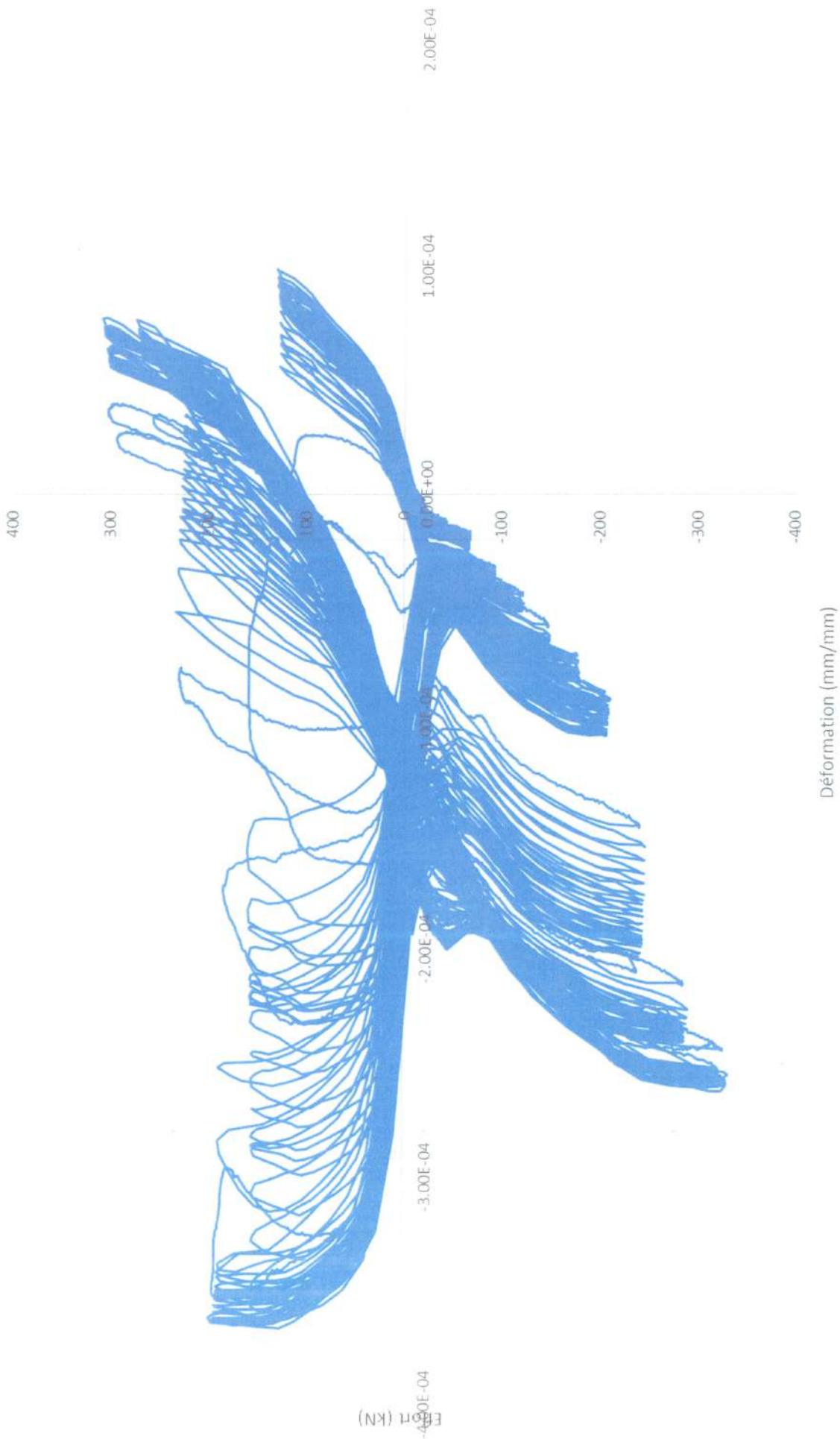
Essai dynamique
Maquette n°3 - Capteur 14



Essai statique + dynamique
Maquette n°3- Capteur 14



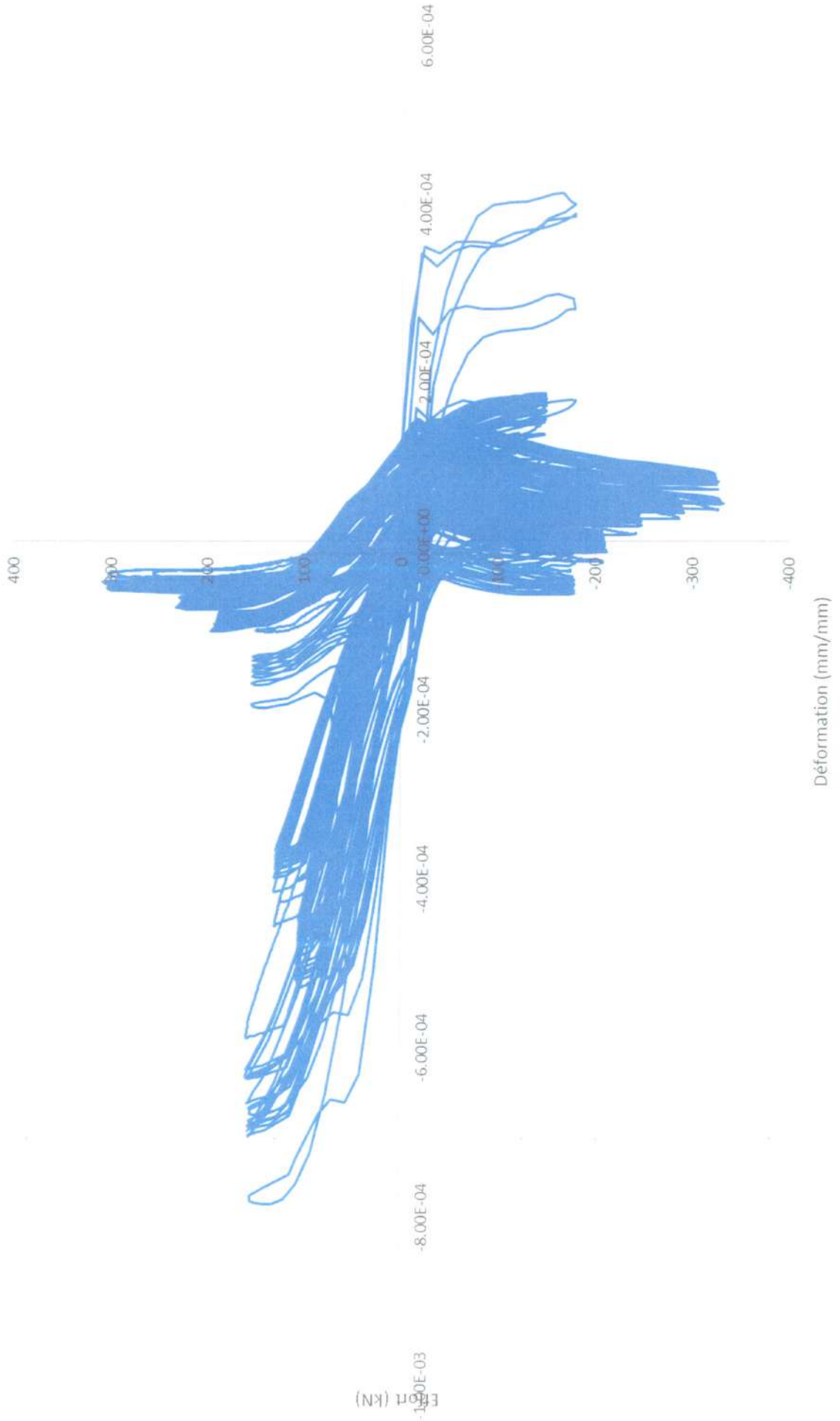
Essai dynamique
Maquette n°3- Jauge 1



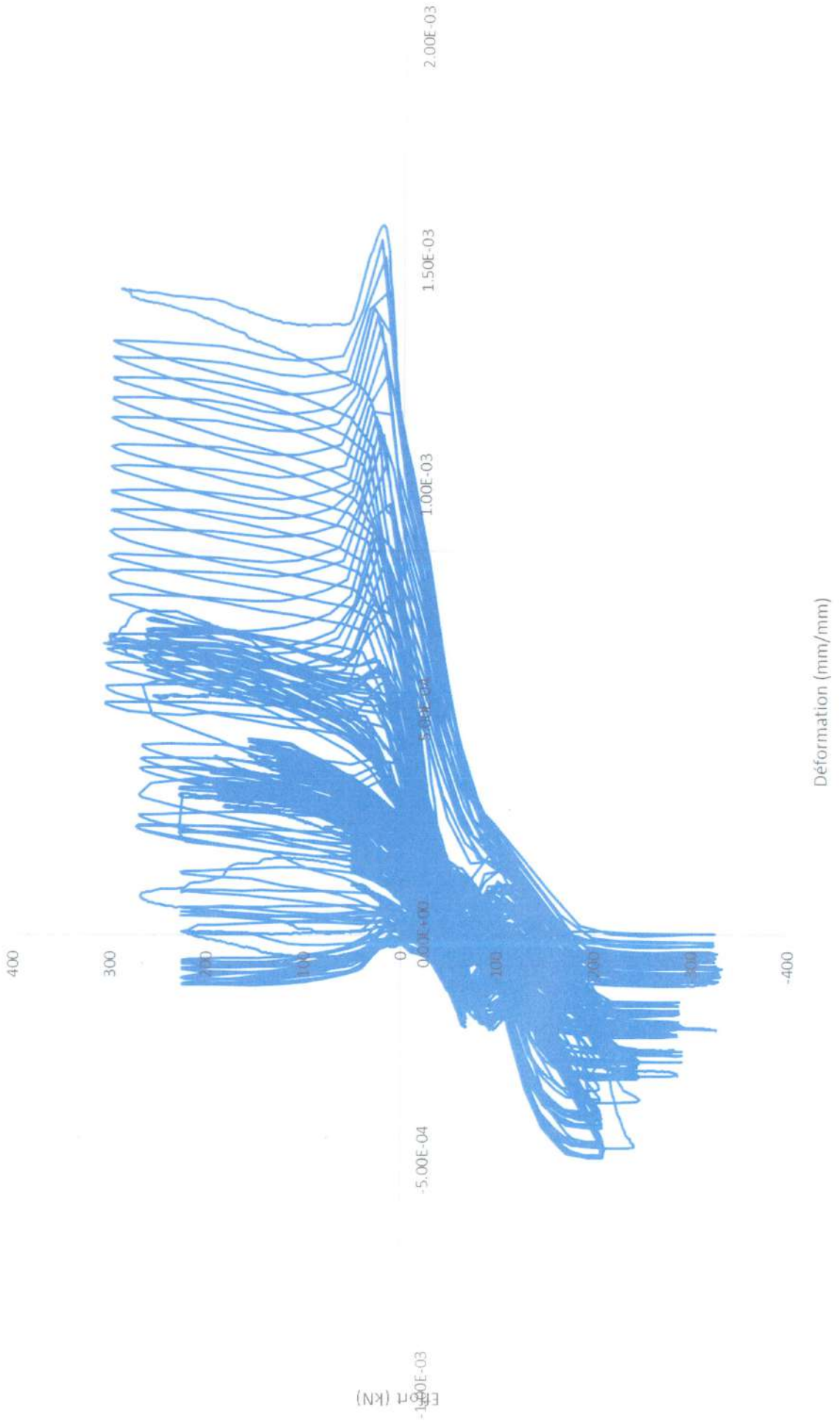
Essai dynamique
Maquette n°3- Jauge 2



Essai dynamique
Maquette n°3- Jauge 6



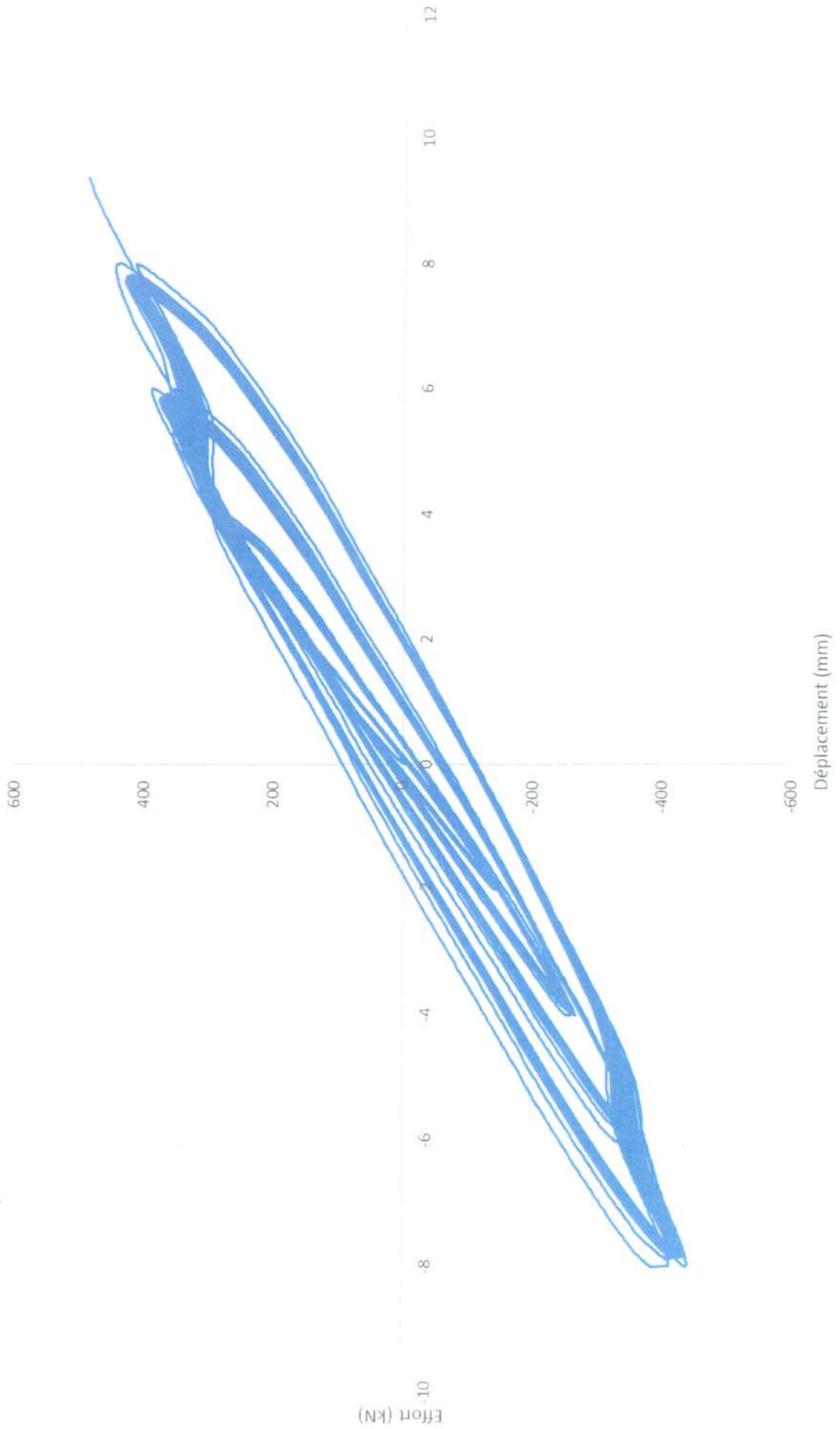
Essai dynamique
Maquette n°3- Jauge 8



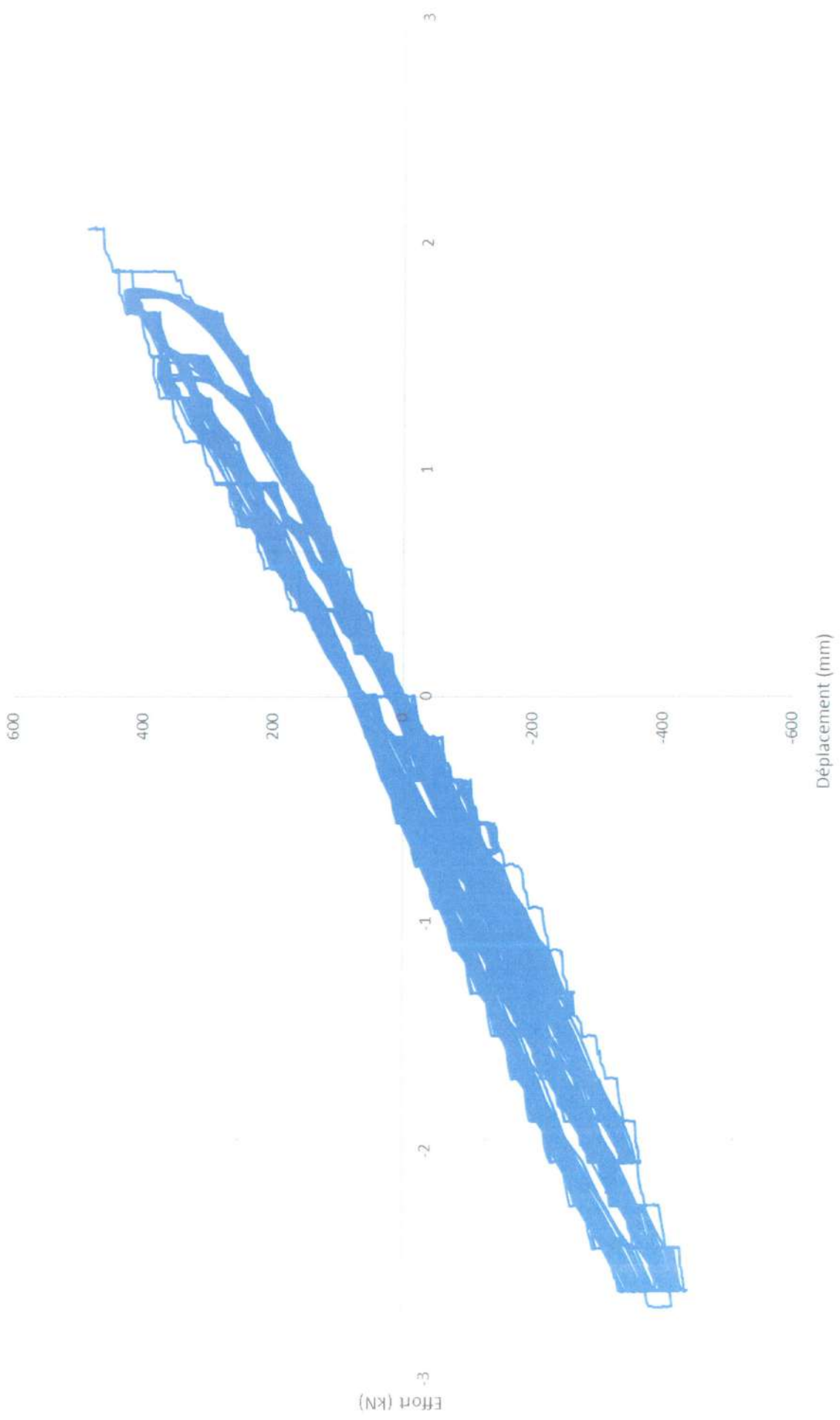
ANNEXE 6

Résultats des essais : maquette n°4

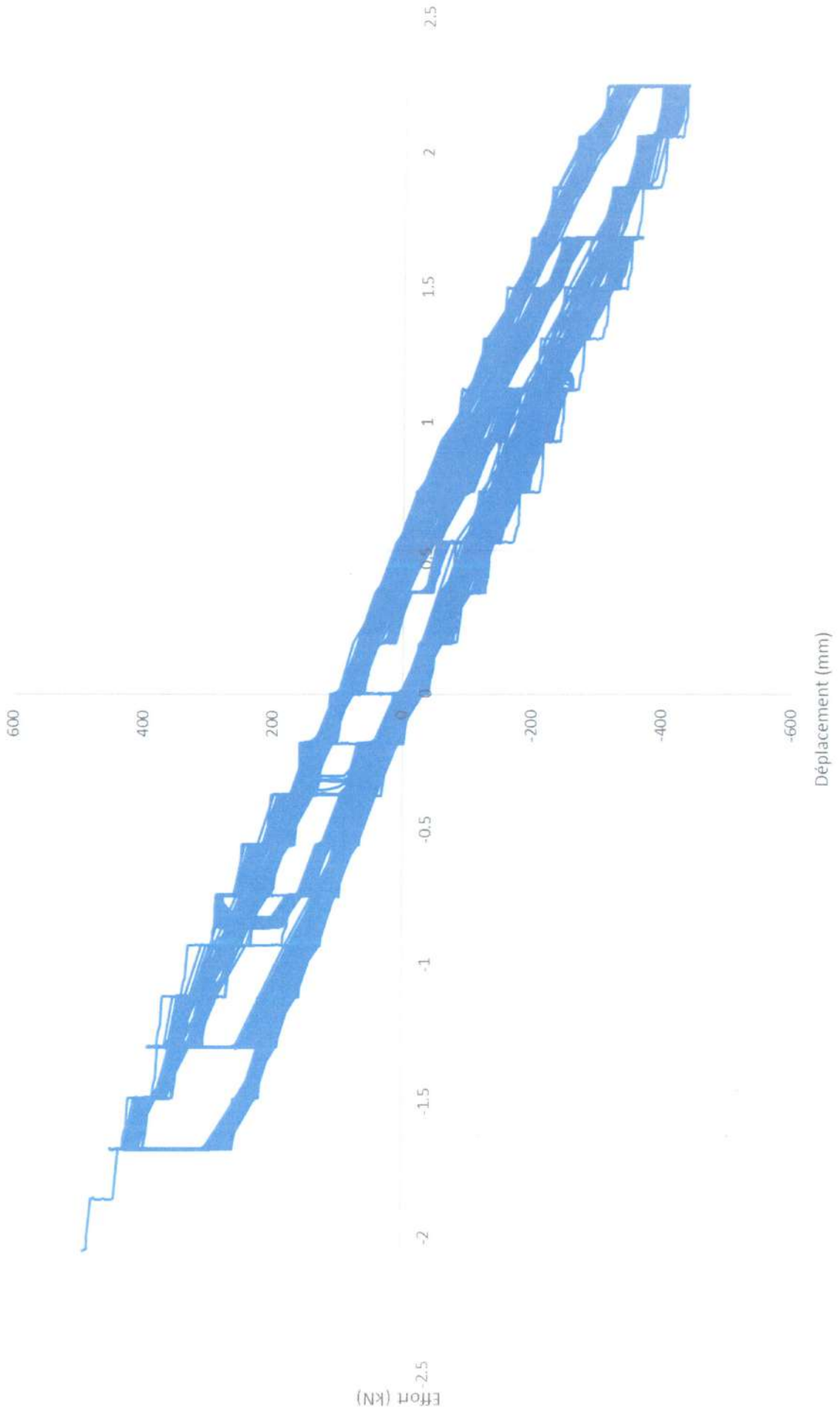
Essai dynamique
Maquette n°4- Déplacement vérin



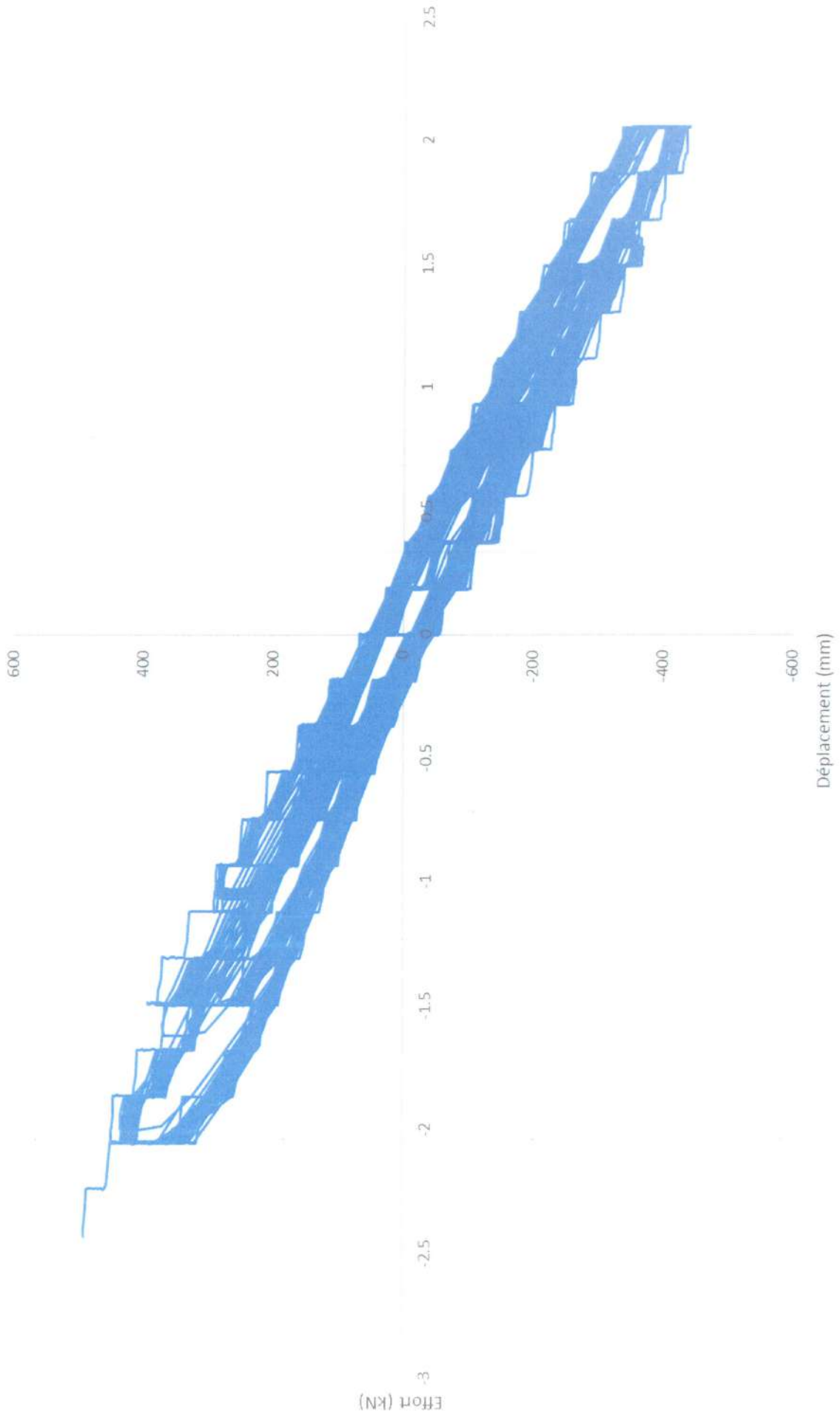
Essai dynamique
Maquette n°4- Capteur 1



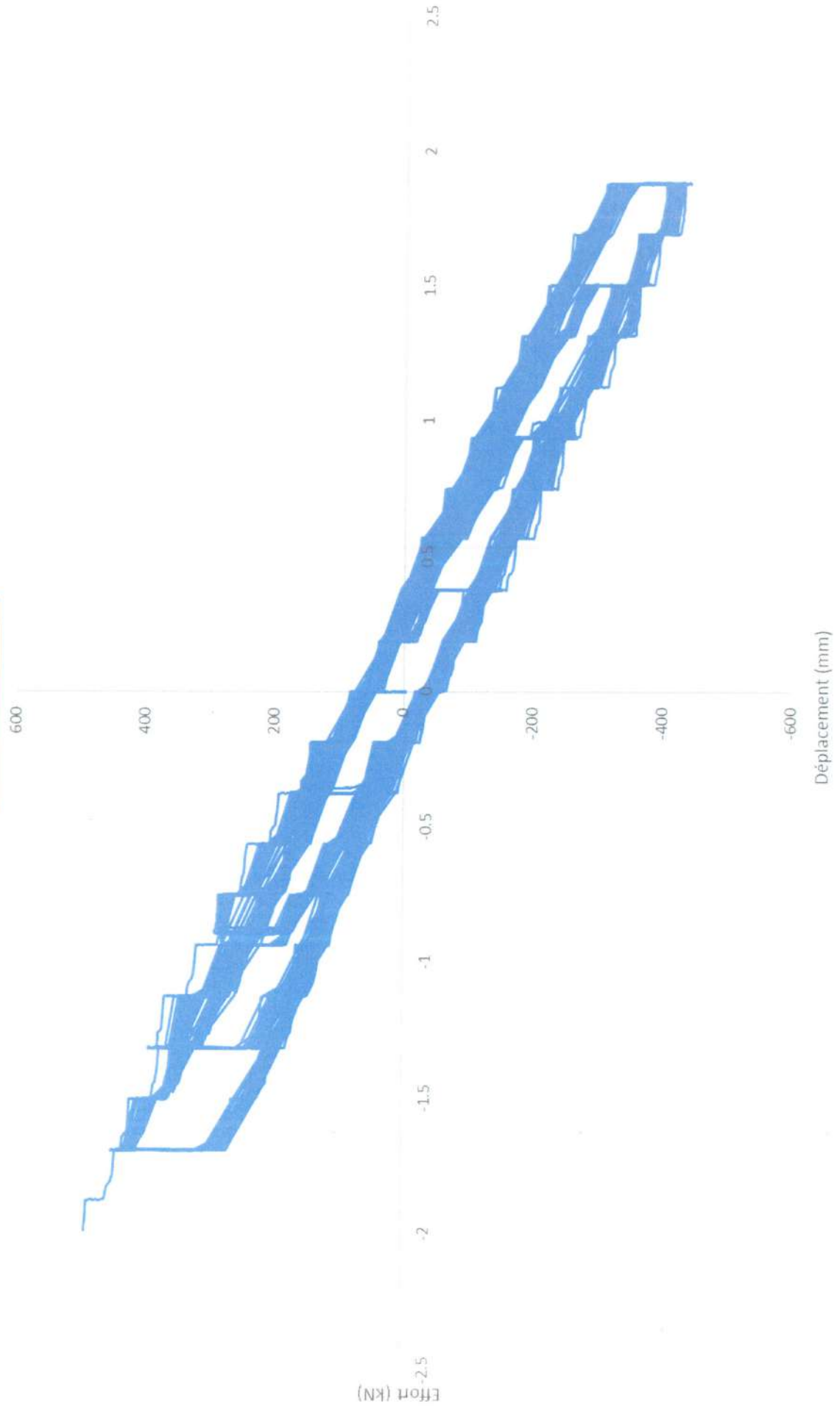
Essai dynamique
Maquette n°4- Capteur 2



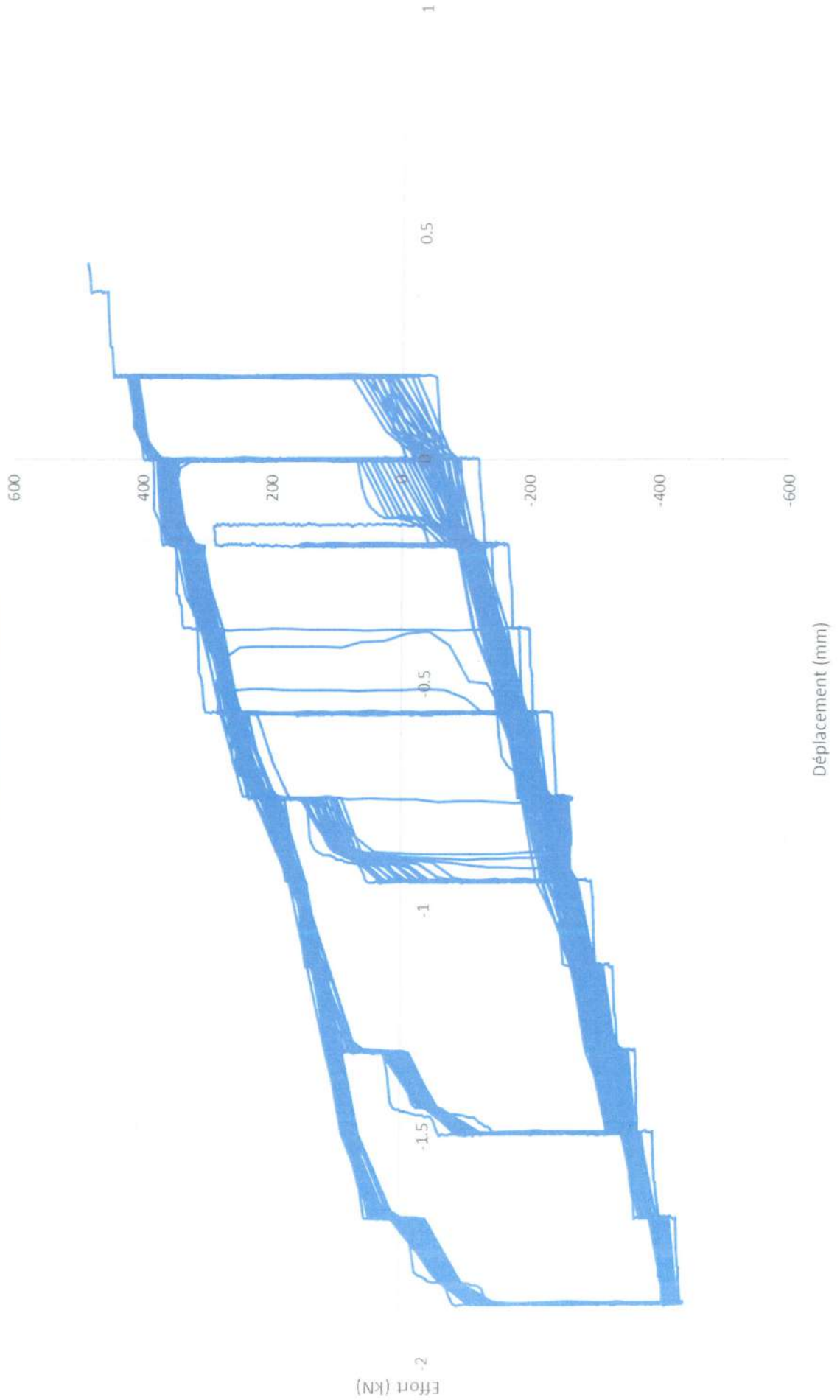
Essai dynamique
Maquette n°4- Capteur 3



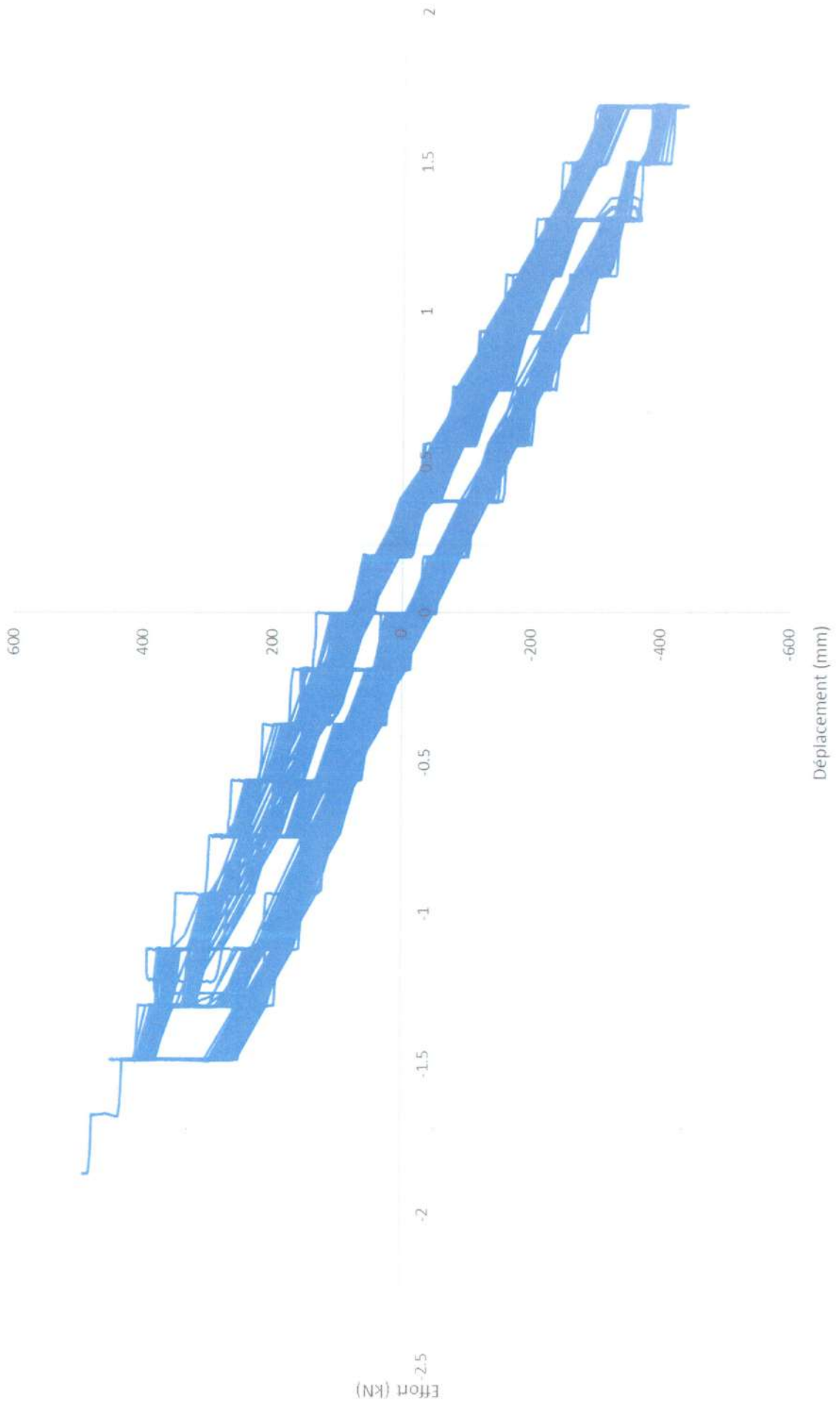
Essai dynamique
Maquette n°4 - Capteur 4



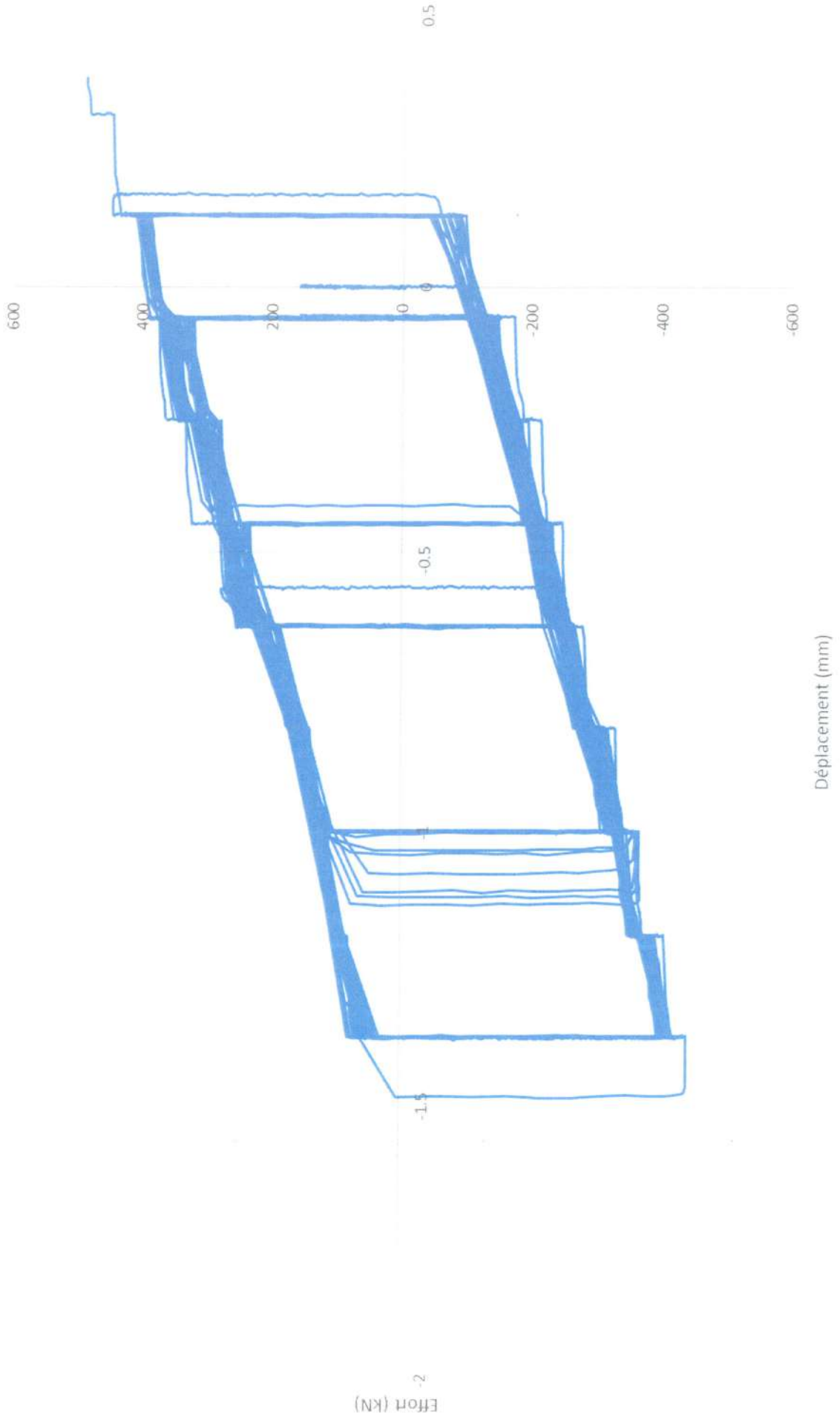
Essai dynamique
Maquette n°4- Capteur 5



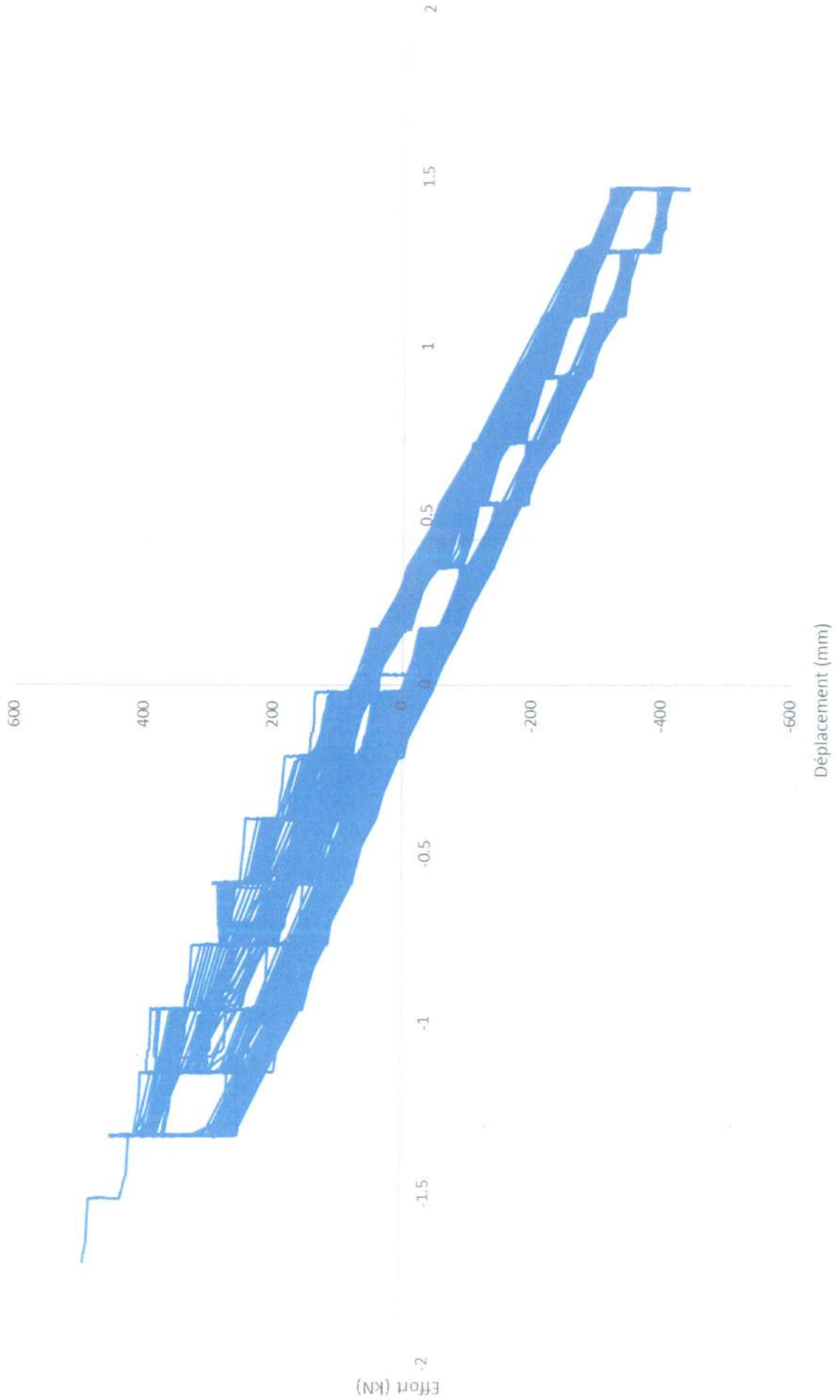
Essai dynamique
Maquette n°4- Capteur 6



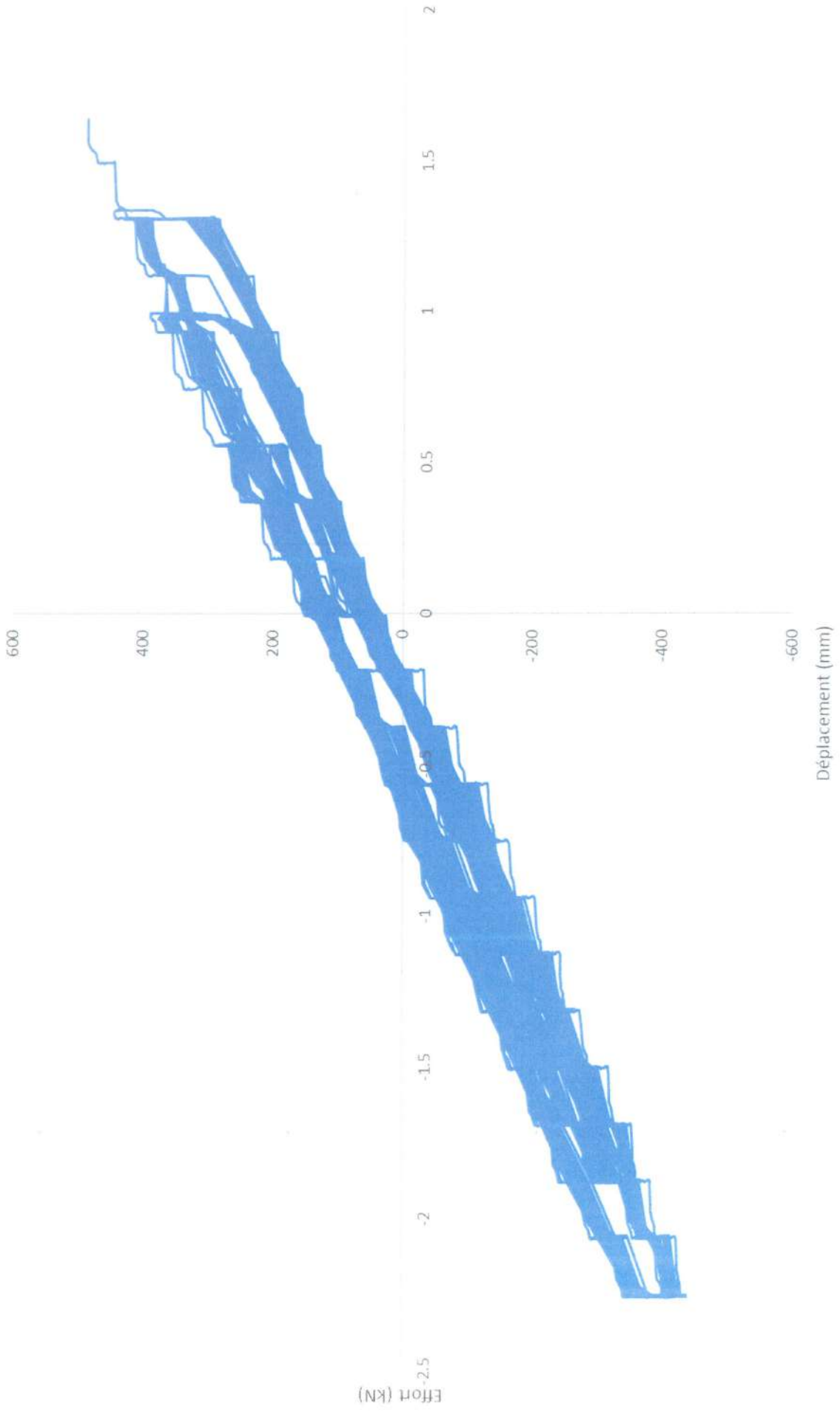
Essai dynamique
Maquette n°4- Capteur 7



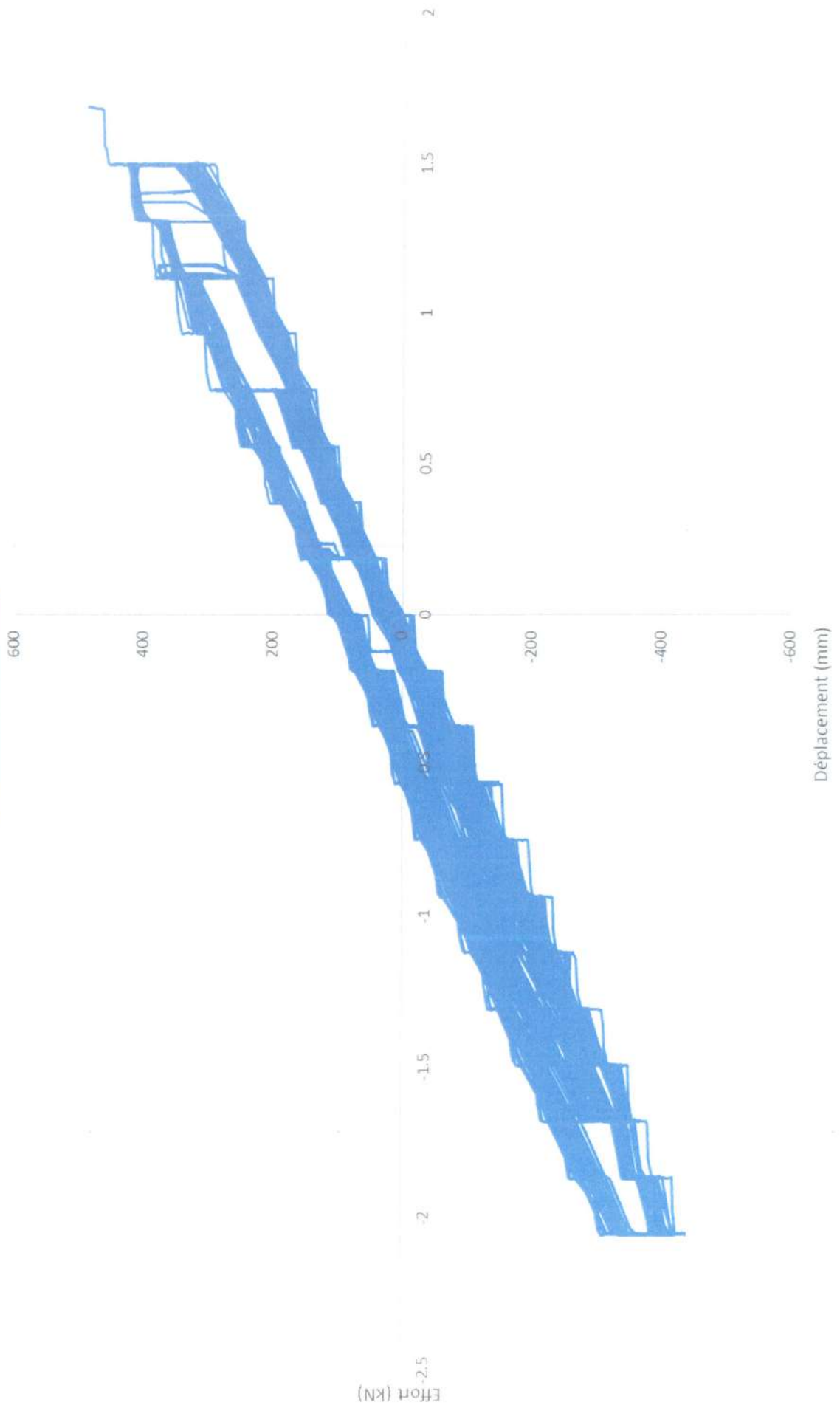
Essai dynamique
Maquette n°4- Capteur 8



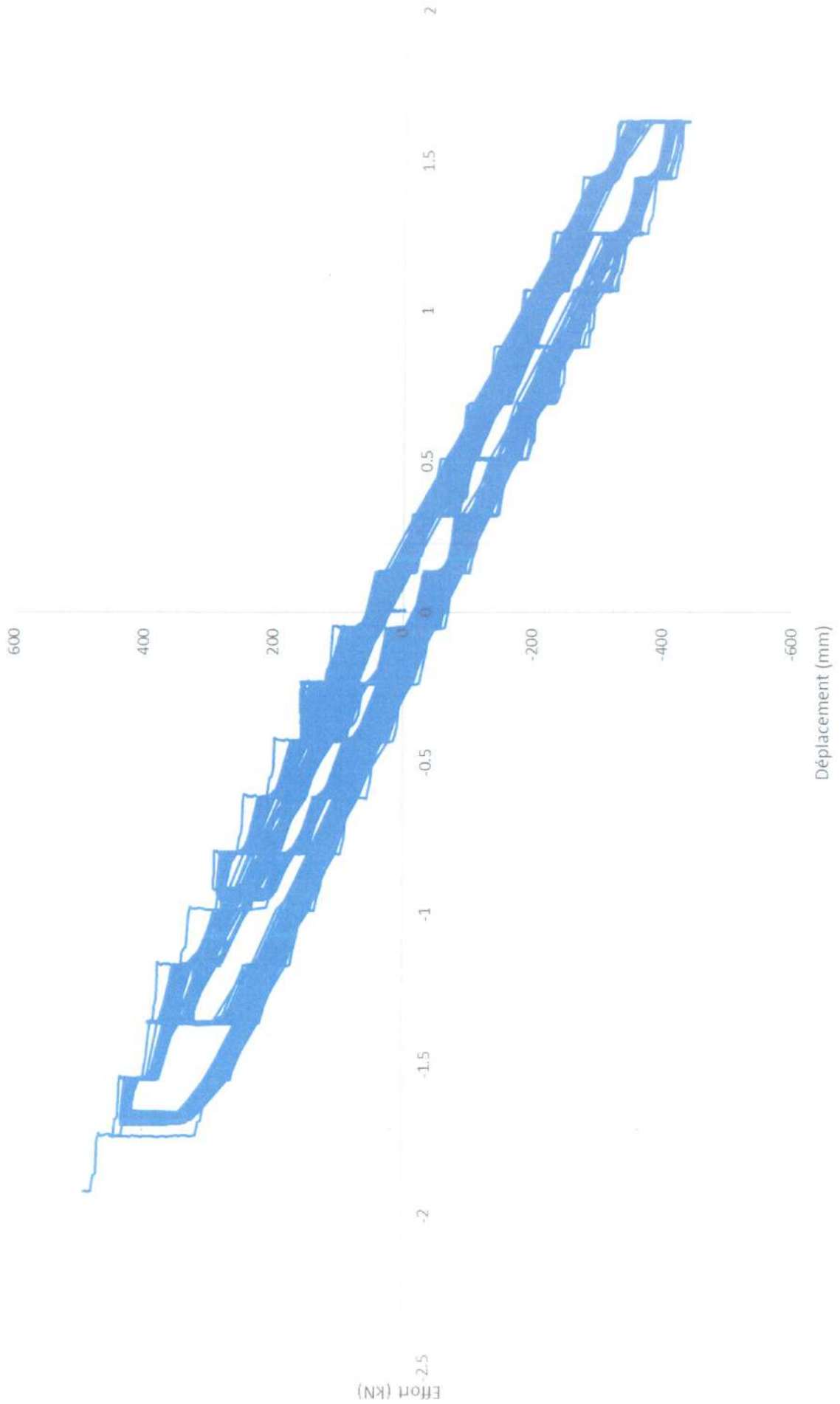
Essai dynamique
Maquette n°4- Capteur 9



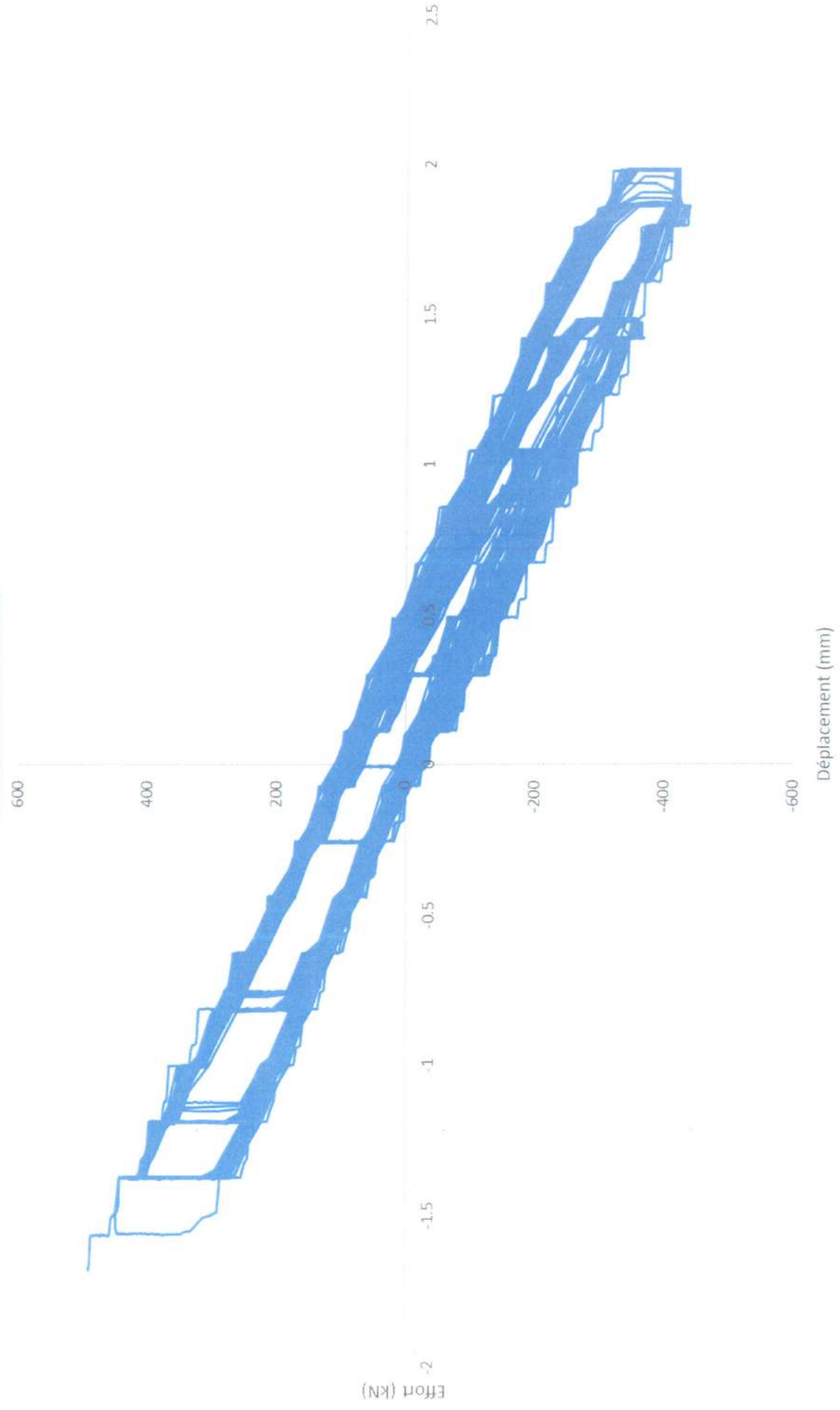
Essai dynamique
Maquette n°4- Capteur 10



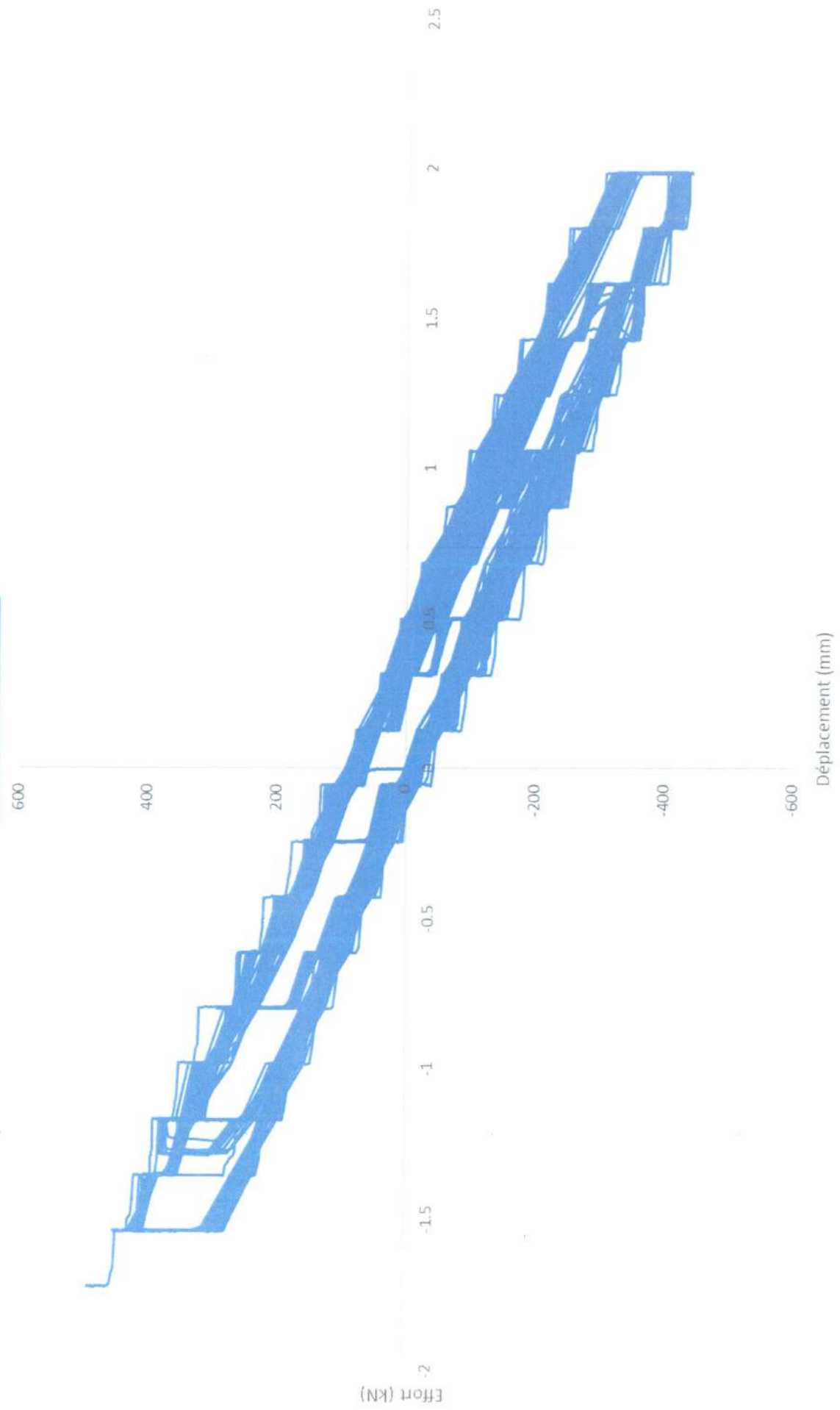
Essai dynamique
Maquette n°4- Capteur 11



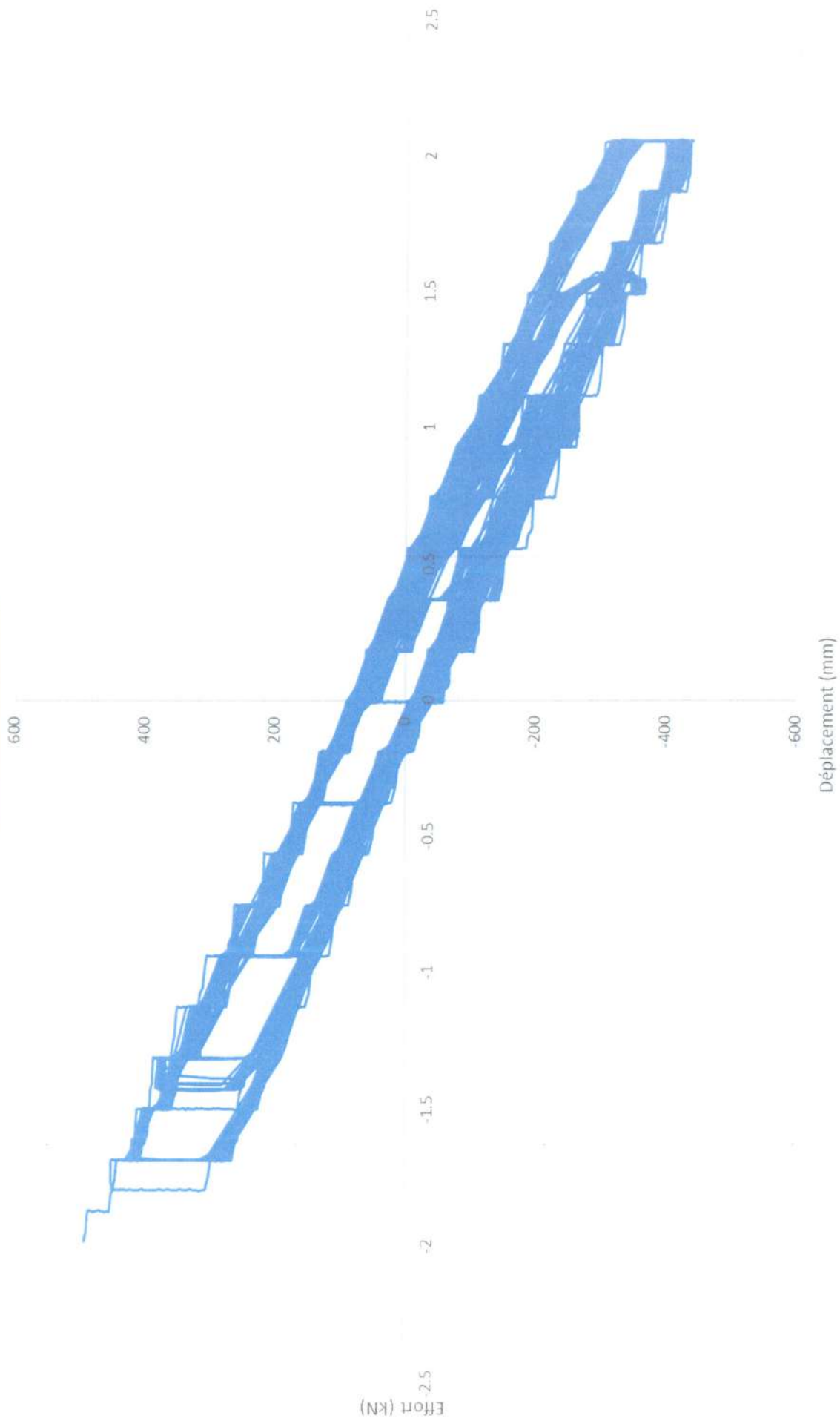
Essai dynamique
Maquette n°4- Capteur 12



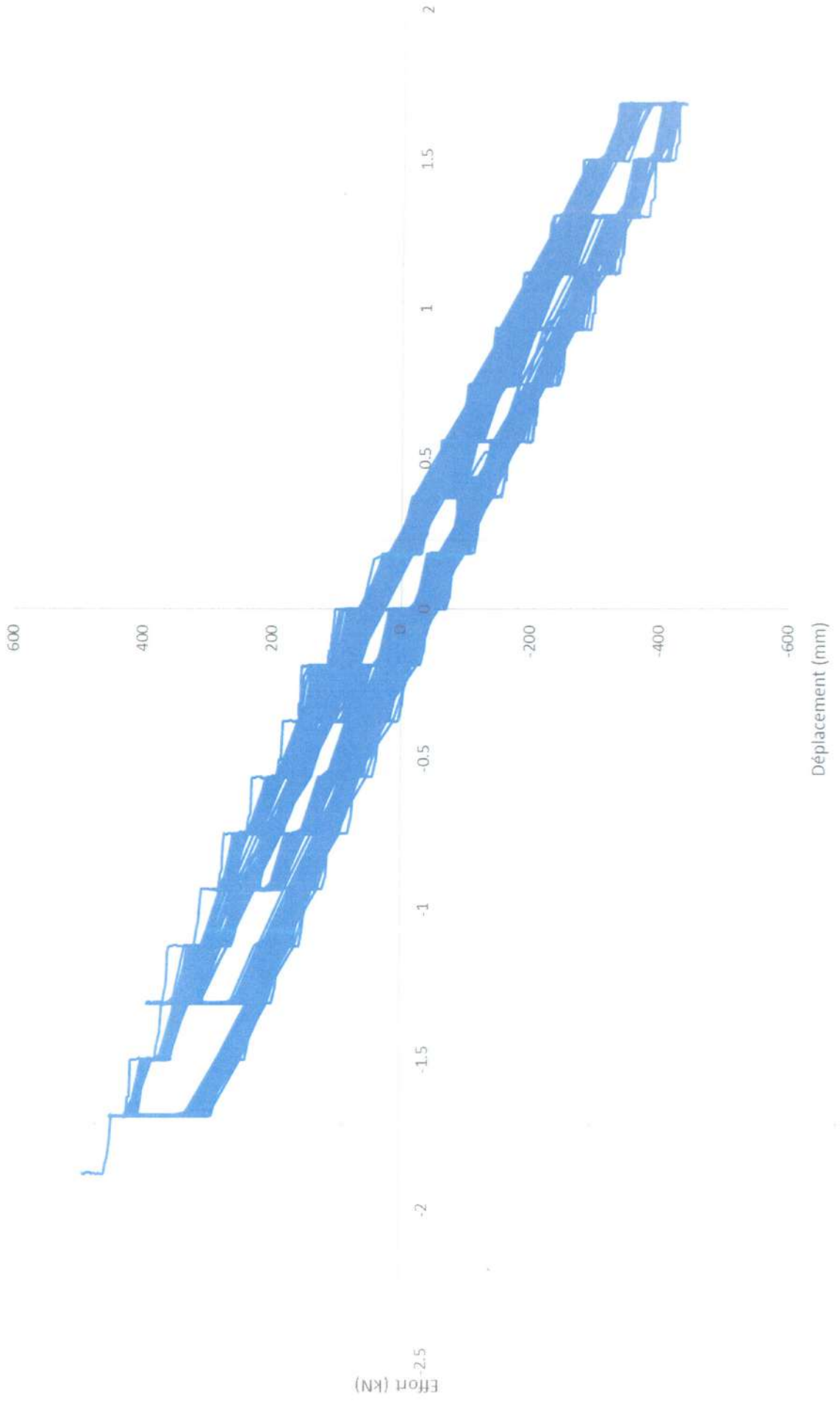
Essai dynamique
Maquette n°4- Capteur 13



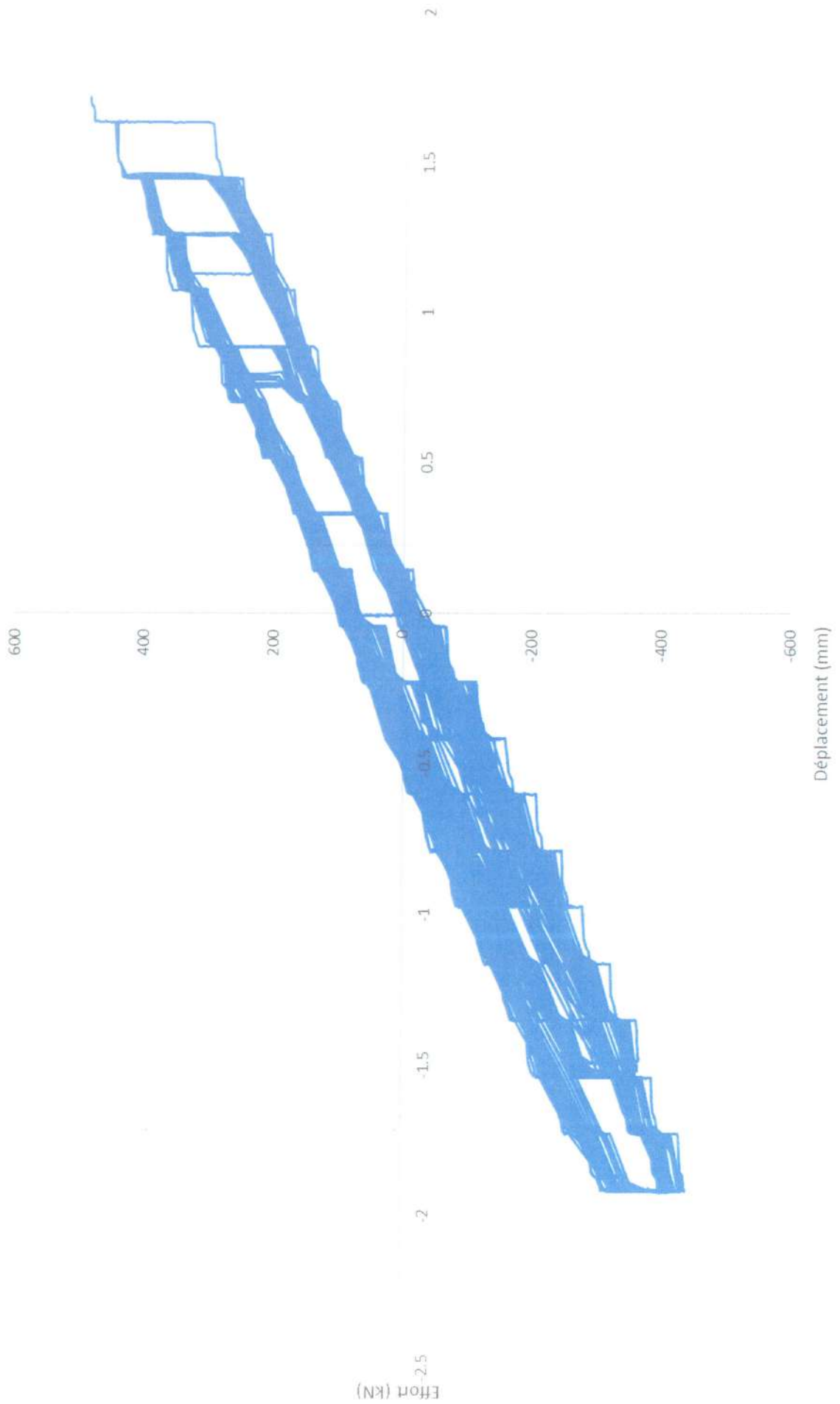
Essai dynamique
Maquette n°4 - Capteur 14



Essai dynamique
Maquette n°4- Capteur 15



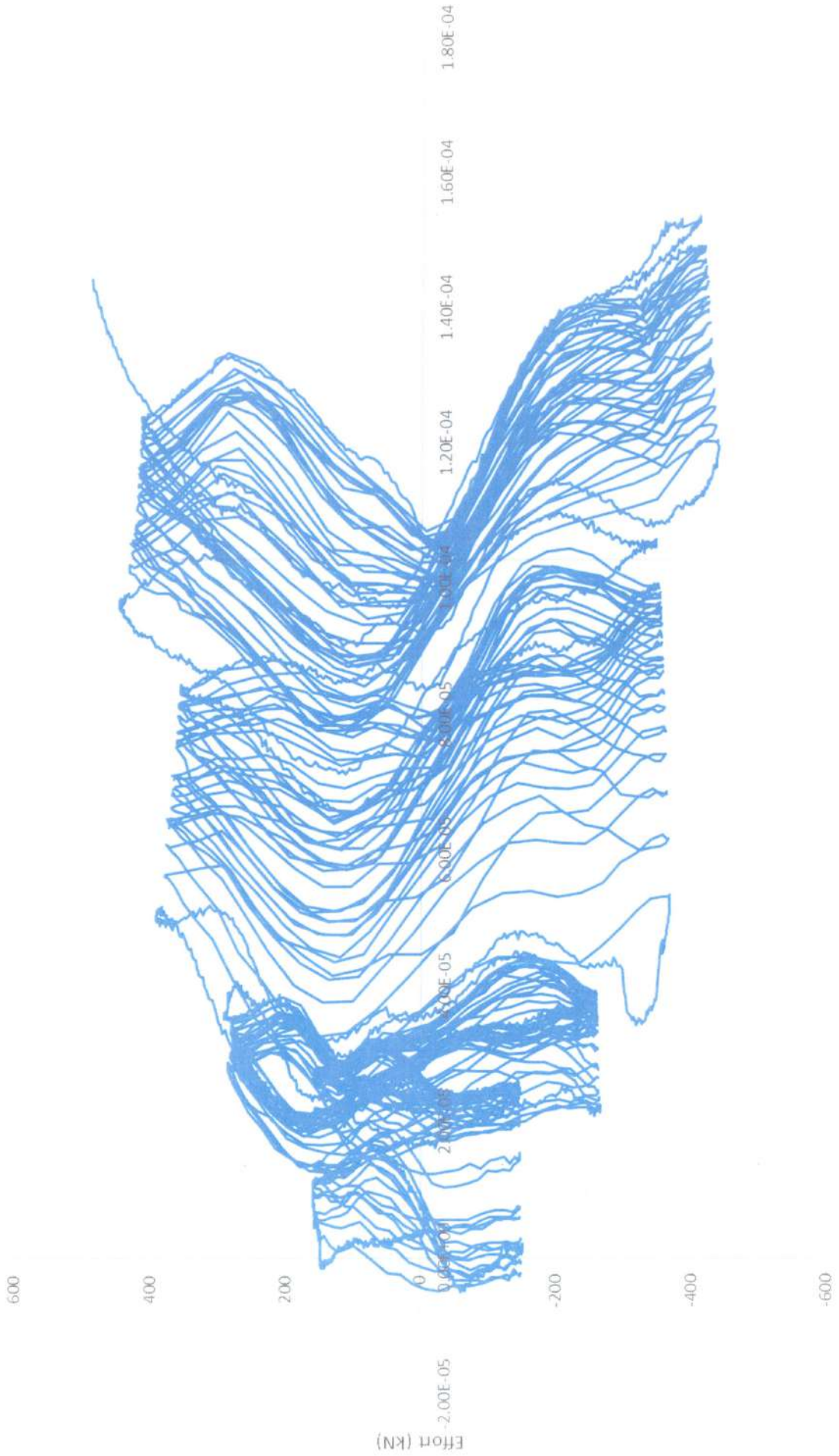
Essai dynamique
Maquette n°4- Capteur 16



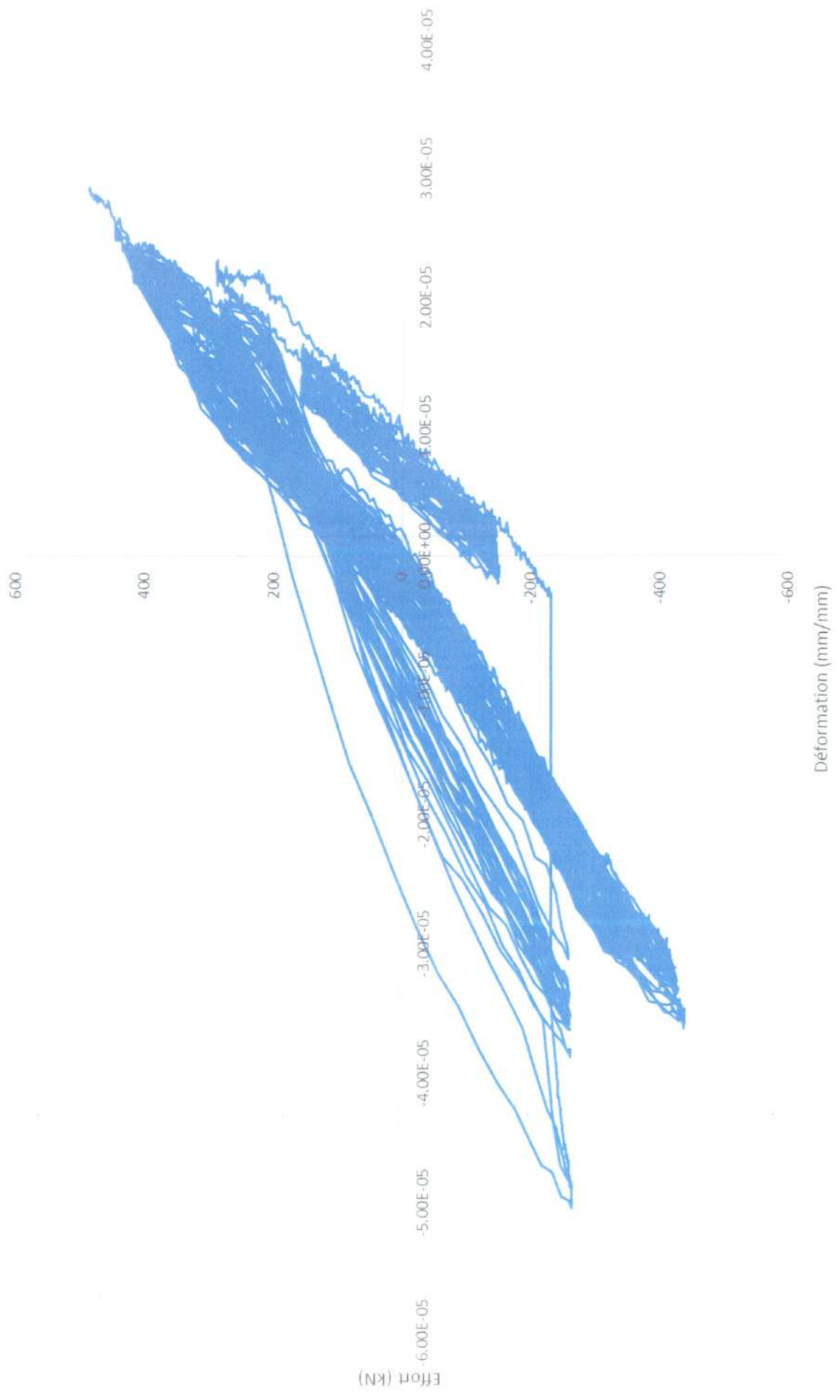
Essai dynamique
Maquette (6x3) m - Jauge 1



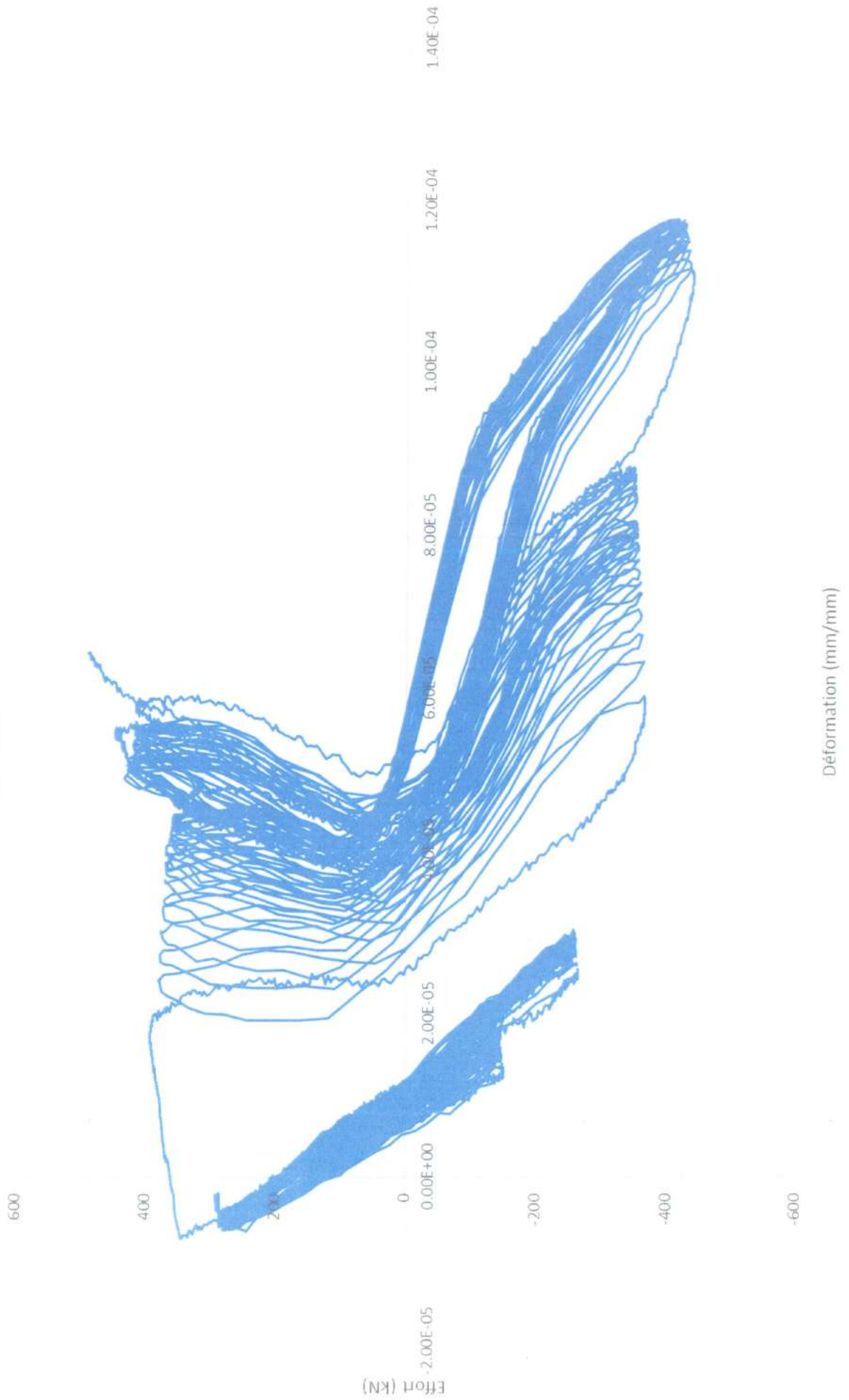
Essai dynamique
Maquette (6x3) m - Jauge 2



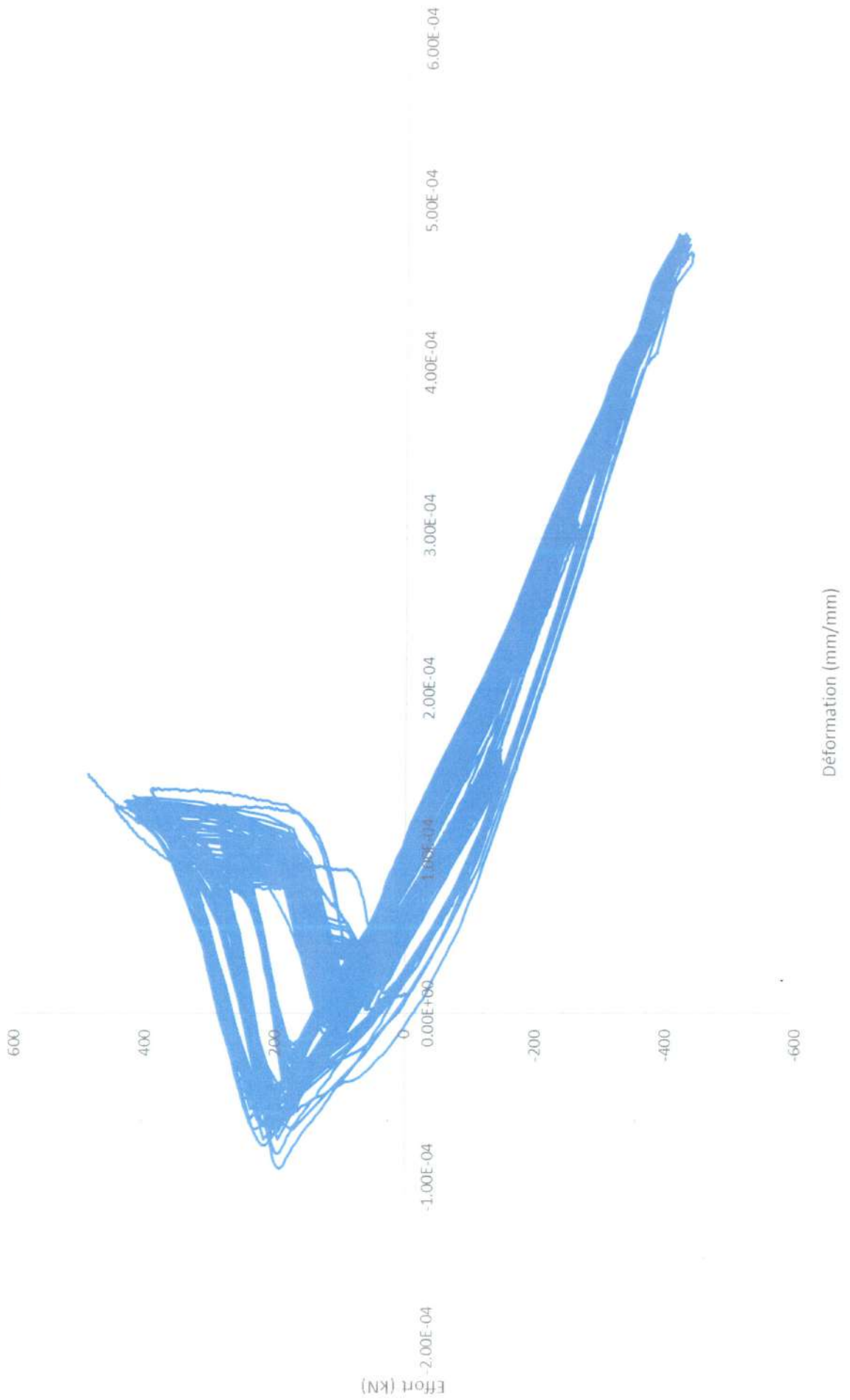
Essai dynamique
Maquette (6x3) m - Jauge 4



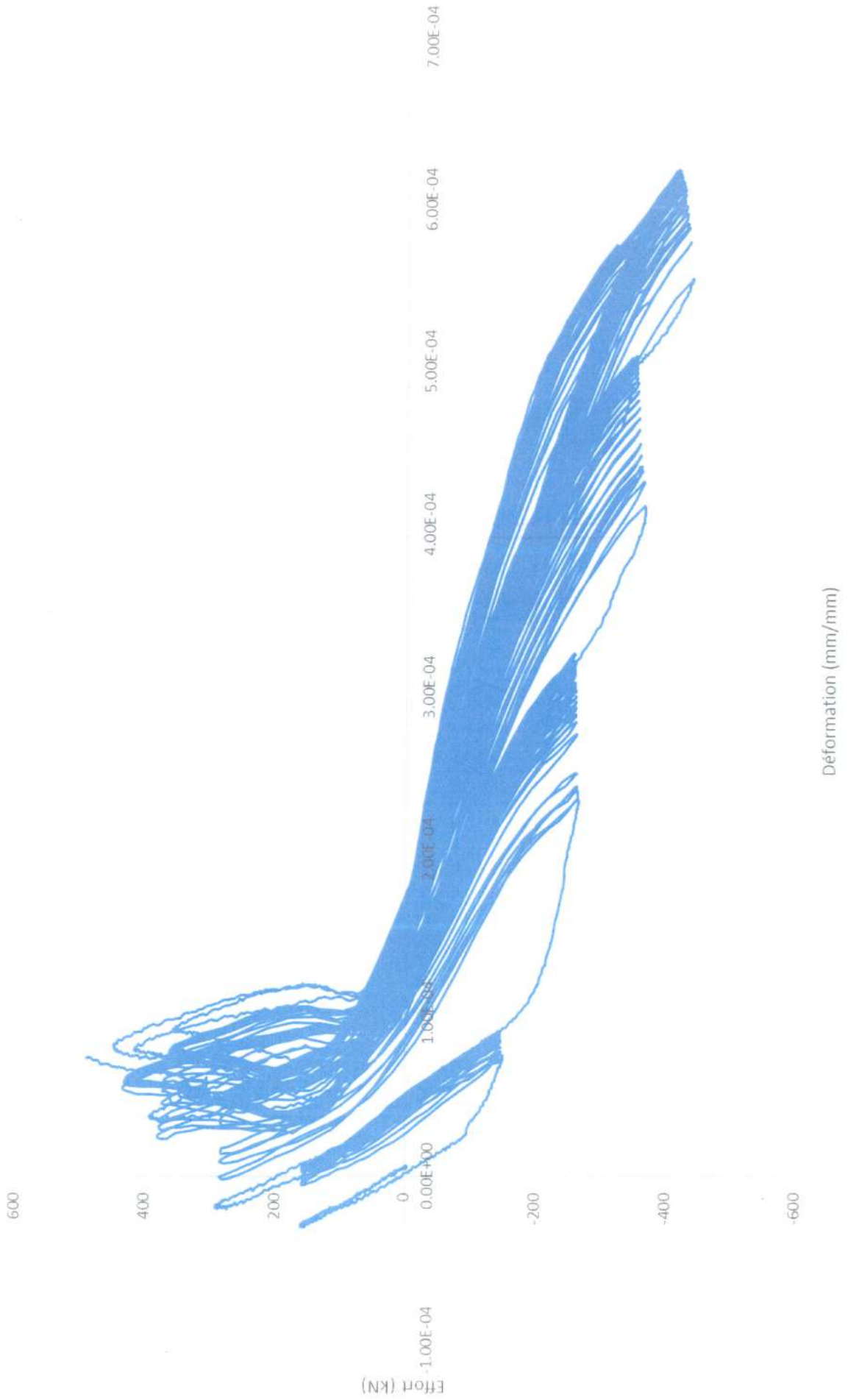
Essai dynamique
Maquette (6x3) m - Jauge 6



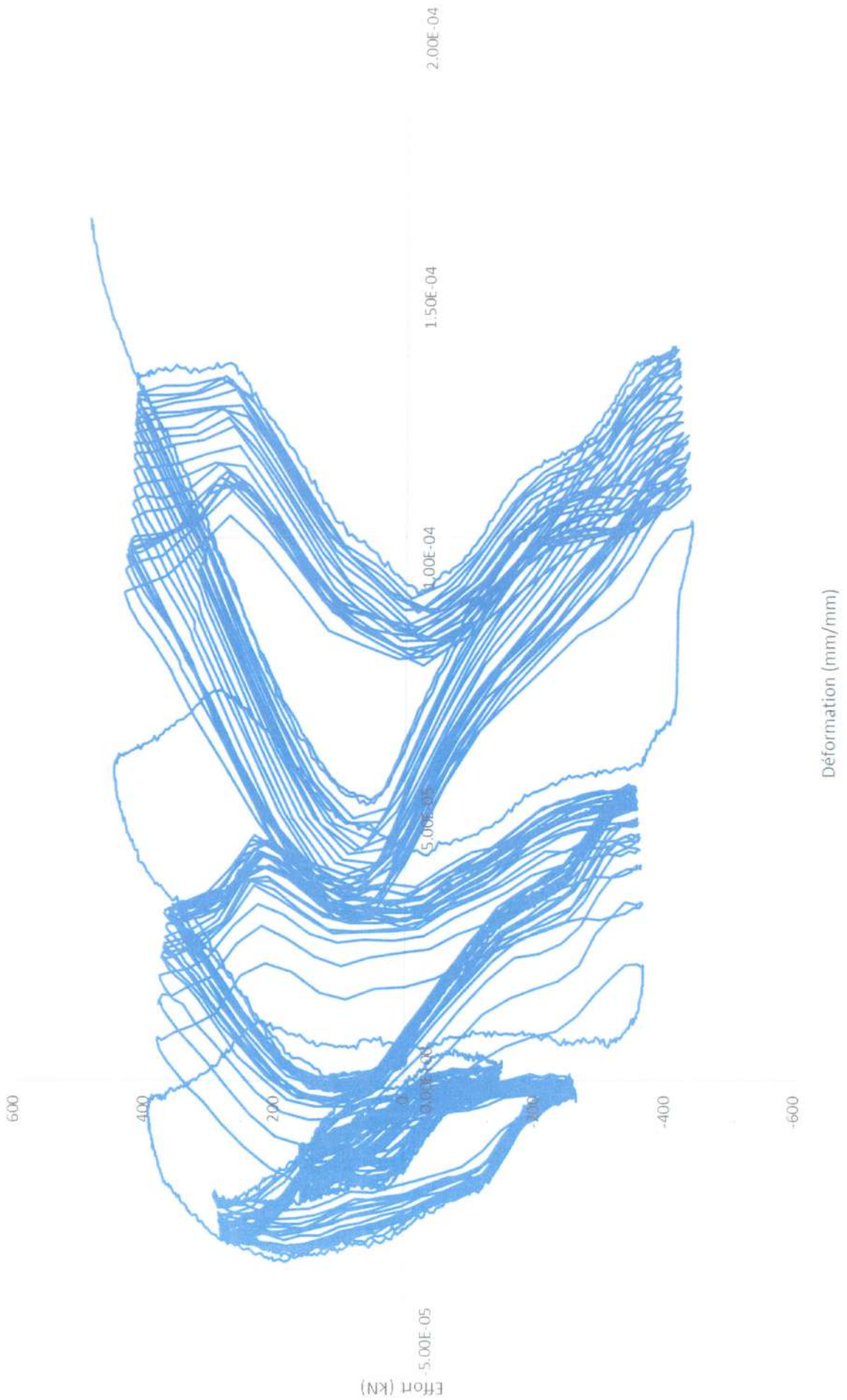
Essai dynamique
Maquette (6x3) m - Jauge 7



Essai dynamique
Maquette (6x3) m - Jauge 8



Essai dynamique
Maquette (6x3) m - Jauge 9



Essai dynamique
Maquette (6x3) m - Jauge 11

