

NOUVELLE LIGNE LYON TURIN - NUOVA LINEA TORINO LIONE  
PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE - PARTE COMUNE ITALO-FRANCESEREVISIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO - REVISION DE L'AVANT-PROJET DE REFERENCE  
CUP C11J05000030001

## GENIE CIVIL – OPERE CIVILI

SITES DE DÉPÔT – SITI DI DEPOSITO  
SITES DE DÉPÔT COTÉ ITALIE – SITI DI DEPOSITO LATO ITALIA  
RACCORD FERROVIAIRE SITE DE DEPOT DE CAPRIE –  
RACCORDO FERROVIARIO SITO DI DEPOSITO DI CAPRIE

## NOTE DE CALCUL – RELAZIONE DI CALCOLO

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	08/02/2013	Première diffusion / Prima emissione	C. SALOT (BG)	M. RUSSO C. OGNIENE	L. CHANTRON M. PANTALEO

CODE DOC	P	D	2	C	3	A	T	S	3	5	5	1	6	0	A	P	N	O	T
	Phase / Fase			Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente			Numero			Indice	Statut / Stato		Type / Tipo			

ADRESSE GED INDIRIZZO GED	C3A	//	//	30	03	21	10	01

ECHELLE / SCALA

-

 **Tecnimont  
Civil Construction**  
Dott. Ing. Aldo Mancarella  
Ordine ingegneri Prov. TO n. 6271/R



  
**LYON TURIN FERROVIAIRE**

LTF sas - 1091 Avenue de la Boisse - BP 80631 - F-73006 CHAMBERY CEDEX (France)  
Tél : +33 (0)4.79.68.56.50 Fax : +33 (0)4.79.68.56.75  
RCS Chambéry 439 556 952 TVA FR 03439556952  
Propriété LTF Tous droits réservés - Proprietà LTF Tutti i diritti riservati

Ce projet  
est cofinancé par  
l'Union européenne  
(DG-TREN)



Questo progetto  
è cofinanziato  
dall'Unione europea  
(TEN-T)



## SOMMAIRE / INDICE

RESUME/RIASSUNTO .....	3
1. INTRODUZIONE .....	4
2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	4
2.1 Documenti di progetto .....	4
2.2 Normativa .....	5
3. VERIFICA DEL PONTE .....	5
3.1 Analisi dei documenti di esecuzione dell'opera esistente che data del 1921 .....	5
3.2 Verifica della struttura sotto il passaggio dei nuovi carichi ferroviari .....	6
3.3 Prime conclusioni allo stato delle conoscenze.....	8
4. PROSPETTIVE DI DEMOLIZIONE – RICOSTRUZIONE DELL'IMPALCATO, CON RIUTILIZZO DEGLI APPOGGI ESISTENTI.....	9
5. CONCLUSIONI.....	9
ALLEGATO: RISULTATI DEI CALCOLI.....	11

## LISTE DES FIGURES / INDICE DELLE FIGURE

<b>Figura 1</b> – Foto del ponte .....	4
--	---

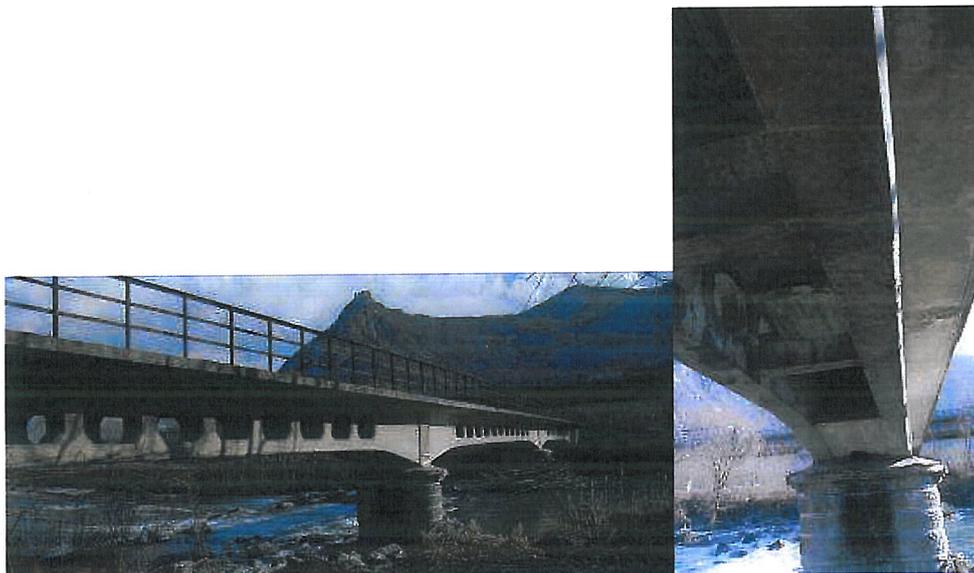
## RESUME/RIASSUNTO

Le présent document constitue la note de calcul du pont situé sur la Dora situé sur le raccord ferroviaire du site de dépôt de Caprie.	Il presente documento costituisce la relazione di calcolo del ponte sulla Dora situato sul raccordo ferroviario del sito di deposito di Caprie.
--	---

## 1. Introduzione

Il presente documento costituisce la relazione di calcolo del ponte situato sul raccordo ferroviario del sito di deposito di Caprie.

Il ponte sulla Dora esistente è costituito da un impalcato in cls a 3 campate continue di luce massima 21,75 m. L'opera è semplicemente appoggiata sugli appoggi.



*Figura 1 – Foto del ponte*

## 2. Documenti di riferimento

### 2.1 Documenti di progetto

La relazione illustrativa è oggetto del documento PD2-C3A-TS3-5501. La relazione geotecnica – sismica è oggetto del documento PD2-C3A-TS3-5502.

I documenti di riferimento per il sito di deposito di Caprie sono:

- Documenti generali:
  - PD2-C3A-TS3-5509 Relazione di calcolo dei tubi per evacuazione delle acque;
  - PD2-C3A-TS3-5510 Planimetria generale;
  - PD2-C3A-TS3-5511 Planimetria del cumulo;
  - PD2-C3A-TS3-5512 Sezioni del cumulo;
  - PD2-C3A-TS3-5513 Sistemazioni idrauliche;
- Documenti relativi al raccordo ferroviario:
  - PD2-C3A-TS3-5514 Planimetria di tracciamento e profilo longitudinale;
  - PD2-C3A-TS3-5515 Sezioni tipo e particolari costruttivi;

## 2.2 Normativa

Il quadro normativo di riferimento è trattato all'interno del documento PD2-C3A-TSE3-1113 "Soumission 44 - Normes Techniques - Cadre réglementaire".

## 3. Verifica del ponte

Lo studio seguente:

- Analizza i documenti di esecuzione dell'opera esistente che data del 1921;
- Verifica se il treno costituito da una motrice diesel D146 da 4 carrelli da 200 kN (ovvero 800 kN in totale) e da 19 wagons di tipo Rgmms (R1F) da 4 carrelli da 200 kN (ovvero 800 kN in totale) non genera delle sollecitazioni nell'opera più sfavorevoli che quelle per il quale è costituito.
- Verifica qual è il carico massimo per un treno con vagoni di tipo Rgmms (R1F).

### 3.1 Analisi dei documenti di esecuzione dell'opera esistente che data del 1921

L'analisi della relazione e degli elaborati che datano del 1921 ci hanno permesso di trarre le conclusioni seguenti per quanto riguarda il principio di dimensionamento:

- L'opera è costituito da un impalcato in cls a 3 campate continue di luce pari a 17,25 m + 21,75 m + 17,25 m;
- L'opera non è incastrata sugli appoggi, ma semplicemente appoggiata;
- L'impalcato è costituito da 2 travi in c.a. il cui interasse è equivalente a quello dei carichi ferroviari => si è dunque considerato che tutti i carichi ferroviari si scaricano in parti uguali sulle 2 travi.
- I carichi permanenti sull'impalcato sono costituiti da:
  - Il peso proprio del cls dell'impalcato;
  - Il peso proprio dei parapetti, valutato pari a 0,9 kN/ml;
  - Il peso dell'armamento ferroviario, assunto pari 2,0 kN/ml.
  - Questi carichi sono maggiorati del 5% campata per campata in modo sfavorevole per il calcolo delle sollecitazioni.
- L'impalcato subisce il passaggio di un convoglio ferroviario costituito da 4 carrelli da 150 kN (ovvero 900 kN), spazati di 3,50 m (ovvero una lunghezza totale del convoglio di 17,50 m), considerando un coefficiente di maggiorazione dinamica pari a 1,25.

Dopo l'applicazione di queste ipotesi di calcolo, il dimensionamento effettuato all'epoca si assimila ad un dimensionamento a SLE secondo le nuove norme. Per quanto concerne l'impalcato vero e proprio, il dimensionamento ha portato ai seguenti calcoli :

- Sotto flessione positiva nella campata centrale:
  - La tensione di compressione nel cls è pari a 2,8 MPa;
  - Una sezione di armatura a flessione di 115,5 cm<sup>2</sup> in fibra inferiore è tesa a 89 MPa.
- Sotto flessione positiva in campata laterale:
  - La tensione di compressione nel cls è pari a 2,6 MPa;
  - Una sezione di armatura a flessione di 99,5 cm<sup>2</sup> in fibra inferiore è tesa a 97 MPa.
- Sotto flessione negativa sulle pile:
  - La tensione di compressione nel cls è pari a 3,6 MPa;
  - Una sezione di armatura a flessione di 136,7 cm<sup>2</sup> in fibra inferiore è tesa a 78 MPa.

- Sotto sforzo di taglio sugli appoggi di sponda, una sezione di armatura a taglio di 24,6 cm<sup>2</sup> / 0,50 m è tesa a 49 MPa.
- Sotto sforzo di taglio sugli appoggi intermedi, una sezione di armatura a taglio di 26,5 cm<sup>2</sup> / 0,50 m è tesa a 70 MPa, tenendo conto della variazione di altezza delle travi in questa zona.

Infine, i disegni delle armature in nostro possesso non ci permettono ad ora di determinare le sezioni d'armatura a flessione vere e proprie messe in opera. Si è dunque considerato in prima approssimazione che queste sezioni sono almeno uguali a quelle calcolate e che non è stato preso nessun "margine" sul dimensionamento iniziale.

### **3.2 Verifica della struttura sotto il passaggio dei nuovi carichi ferroviari**

Forniamo qui di seguito 2 tabelle che danno i valori di momento flettente e sforzi di taglio ottenuti nelle sezioni caratteristiche dell'opera (sforzi forniti per 2 travi) per i diversi casi elementari previsti.

Si forniscono i risultati provenienti dalla relazione di calcolo del 1921, e dal modello: si nota che per i casi di carico elementari dell'epoca, si ritrovano gli stessi risultati.

Si forniscono infine in allegato gli output grafici delle diverse sollecitazioni per i diversi casi di carico previsti.

**Momenti flettenti sollecitanti :**

Caso di carico elementare	Posizione	Momento flettente proveniente dalla relazione di calcolo del 1921	Momento flettente proveniente dal modello	
Inviluppo dei carichi permanenti	Campate laterali	1055 kN.m (p.5)	1057 kN.m	
	Campata centrale	1090 kN.m (p.5)	1077 kN.m	
	Pile	-1980 kN.m (p.6)	-1974 kN.m	
Inviluppo per il passaggio degli antichi carichi ferroviari, senza maggiorazione dinamica	Campate laterali	$1590/1,25 = 1272$ kN.m (p.6)	1284 kN.m	Caso n°394
	Campata centrale	$1800/1,25 = 1440$ kN.m (p.6)	1462 kN.m	Caso n°278
	Pile	$-1472/1,25 = -1178$ kN.m (p.6)	-1230 kN.m	Caso n°323
Inviluppo per il passaggio solo della locomotiva diesel D146, senza maggiorazione dinamica	Campate laterali	-	1687 kN.m	Caso n°271
	Campata centrale	-	1768 kN.m	Caso n°201
	Pile	-	-1302 kN.m	Caso n°187
Inviluppo per il passaggio dei treni costituiti dalla locomotiva D146 + vagoni Rgmms (R1F), senza maggiorazione dinamica	Campate laterali	-	1959 kN.m	Caso n°331
	Campata centrale	-	2048 kN.m	Caso n°416
	Pile	-	-2793 kN.m	Caso n°741

Sforzi di taglio sollecitanti e reazioni di appoggio:

Caso di carico elementare	Posizione	proveniente dalla relazione di calcolo del 1921	proveniente dal modello	
Inviluppo per i calcoli permanenti	Sforzo di taglio sulle spalle	328 kN (p.6)	328 kN	
	Sforzo di taglio sulle pile	555 kN (p.6)	553 kN	
	Reazione di appoggio sulle pile	1110 kN (p.11)	1108 kN	
Inviluppo per il passaggio degli antichi carichi ferroviari, senza maggiorazione dinamica	Sforzo di taglio sulle spalle	$500/1,25 = 400$ kN (p.6)	399 kN	Caso n°382
	Sforzo di taglio sulle pile	$639/1,25 = 511$ kN (p.6)	537 kN	Caso n°275
	Reazione di appoggio sulle pile	$700/1,25 = 560$ kN (p.11)	770 kN	Caso n°337
Inviluppo per il passaggio solo della locomotiva diesel D146, senza maggiorazione dinamica	Sforzo di taglio sulle spalle	-	525 kN	Caso n°102
	Sforzo di taglio sulle pile	-	631 kN	Caso n°171
	Reazione di appoggio sulle pile	-	751 kN	Caso n°152
Inviluppo per il passaggio dei treni costituiti dalla locomotiva D146 + vagoni Rgmms (R1F), senza maggiorazione dinamica	Sforzo di taglio sulle spalle	-	636 kN	Caso n°661
	Sforzo di taglio sulle pile	-	872 kN	Caso n°730
	Reazione di appoggio sulle pile	-	1338 kN	Caso n°735

### 3.3 Prime conclusioni allo stato delle conoscenze

Allo stato attuale delle conoscenze, possiamo già confermare che i carichi ferroviari (motrice diesel D146 + vagoni Rgmms R1F) proposti per passare sotto l'opera sono più sfavorevoli che i carichi ferroviari dell'epoca => bisogna dunque limitarli

Tuttavia, i primi risultati mostrano che la sola locomotiva diesel D146 genera già delle sollecitazioni di flessione positiva in campata più importante che quelle generate dai carichi ferroviari dell'epoca. Imporre alla locomotiva di passare a passo d'uomo sull'opera per limitare i coefficienti di maggiorazione dinamica permetterebbe tuttavia di restare nell'inviluppo di dimensionamento dell'epoca.

Di conseguenza, è ben difficile evocare una limitazione di carico dei vagoni nella misura in cui solo la locomotiva diesel sembra sollecitare l'opera al massimo.

D'altra parte, siccome l'opera data del 1921, la sua capacità resistente potrebbe essere diversa da quella calcolata all'epoca per via della sua durata di vita di circa 90 anni. Un'ispezione

dettagliata dell'opera pare necessaria prima di prevedere di far passare dei carichi ferroviari più pesanti. Eventuali futuri rinforzi dovrebbero probabilmente essere accompagnati da riparazioni.

#### 4. Prospettive di demolizione – ricostruzione dell'impalcato, con riutilizzo degli appoggi esistenti

Nel caso in cui si preveda la demolizione dell'impalcato in cls, con la sua sostituzione con un'impalcato provvisorio (tipo "Bailey"), sarà possibile conservare gli appoggi esistenti quando la reazione d'appoggio verticale proveniente dall'impalcato resta inferiore al valore della relazione di calcolo che data della costruzione su ciascuno degli appoggi.

Tenendo conto dei calcoli presentati precedentemente, al fine di poter far circolare la locomotiva D146 + vagoni Rgmms (R1F), la reazione verticale proveniente dai carichi permanenti dell'impalcato provvisorio dovrebbe restare inferiore a:

- Senza riduzione della velocità del treno sull'opera:
  - $R \leq 1108 - (1338-770) \times 1,25 = 398$  kN sulle pile;
  - $R \leq 328 - (636-399) \times 1,25 = 32$  kN sulle spalle;
- Con riduzione della velocità del treno sull'opera (senza coefficiente di maggiorazione dinamica) :
  - $R \leq 1108 - (1338-770) = 540$  kN sulle pile;
  - $R \leq 328 - (636-399) = 91$  kN sulle spalle.

In complemento, forniamo qui sotto i valori dei carichi permanenti totali provenienti dall'impalcato che possono tollerare l'appoggio dell'opera esistente:

- Peso attuale dell'impalcato =  $2 \times 328 + 2 \times 1108 = 2872$  kN (ovvero circa 51,0 kN/ml);
- Peso massimo ammissibile per l'eventuale futuro impalcato, dato che si vuol far circolare sull'opera la locomotiva D146 + vagoni Rgmms (R1F) :
  - Senza riduzione della velocità del treno sull'opera: peso totale =  $2 \times 32 + 2 \times 398 = 860$  kN (ovvero circa 15,3 kN/ml);
  - Con riduzione della velocità del treno sull'opera: peso totale =  $2 \times 91 + 2 \times 540 = 1262$  kN (ovvero circa 22,4 kN/ml).

La possibilità di riutilizzo degli appoggi esistenti sarà da valutare durante le successive fasi progettuali, tenendo conto degli sforzi che possono essere accettati sull'opera ed in particolare nei confronti della considerazione oppure no del rischio sismico.

Considerati tutti gli elementi precedenti, sembra ad ora difficile riuscire a riutilizzare gli appoggi esistenti.

#### 5. Conclusioni

Sulla base dei calcoli realizzati per il ponte sulla Dora, l'opera non sembra in grado di sopportare i carichi ferroviari. D'altra parte, siccome l'opera data del 1921:

- La sua capacità resistente potrebbe essere diversa da quella calcolata all'epoca per via della sua durata di vita di circa 90 anni;
- I disegni delle armature in nostro possesso non ci permettono ad ora di determinare le sezioni d'armatura a flessione vere e proprie messe in opera. Si è dunque considerato nei

calcoli che queste sezioni sono almeno uguali a quelle calcolate e che non è stato preso nessun "margine" sul dimensionamento iniziale.

**Un'ispezione dettagliata dell'opera pare necessaria per concludere ad eventuali futuri rinforzi accompagnati da riparazioni o ad una demolizione dell'opera esistente e ricostruzione di un nuvo ponte.**

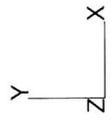
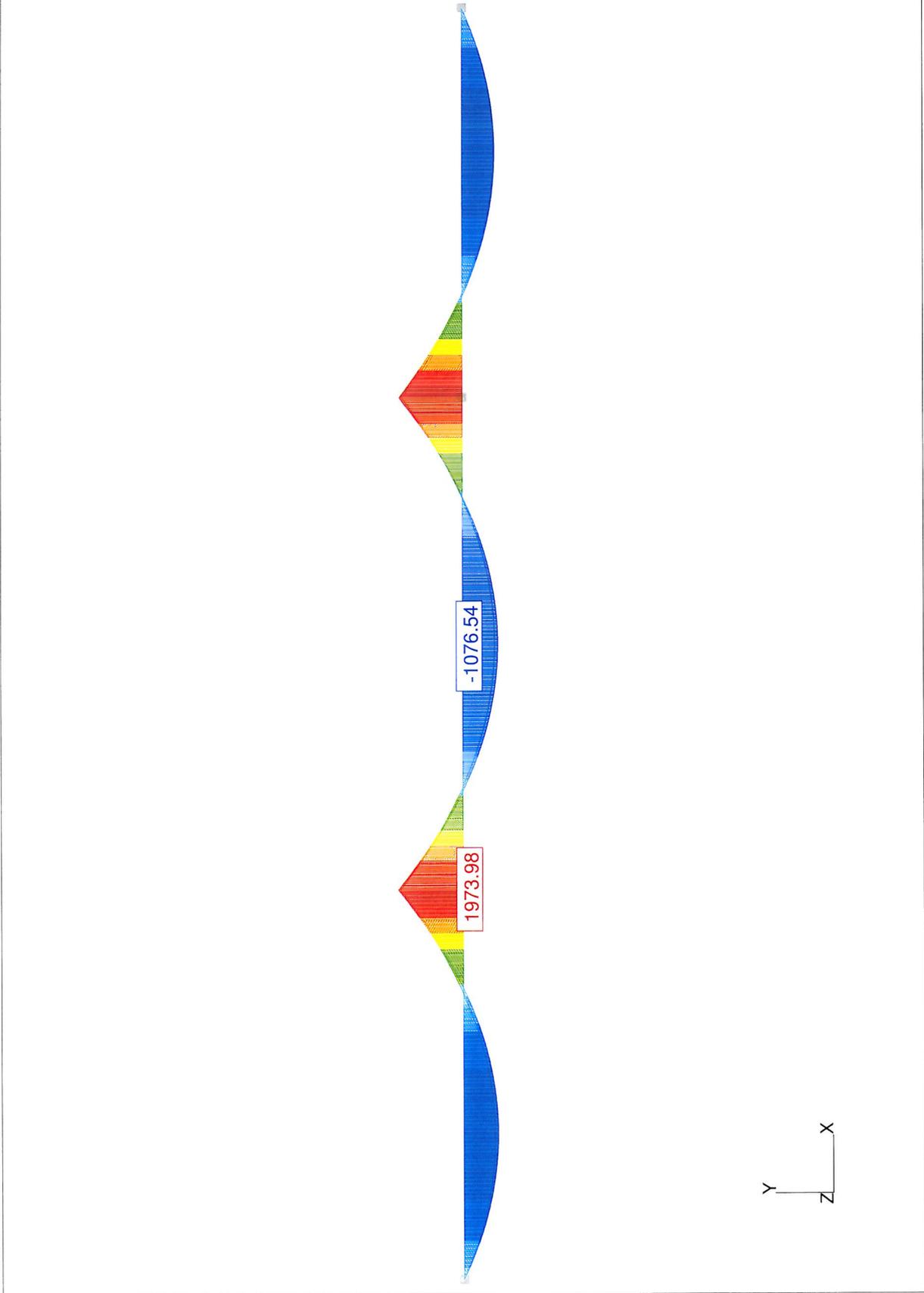
Nel progetto, si prevede la demolizione dell'impalcato in cls, con la sua sostituzione con un'impalcato provvisorio tipo "Bailey".

## **ALLEGATO: RISULTATI DEI CALCOLI**

### Charges permanentes

### Moment Mz

- Date 20/11/12 -

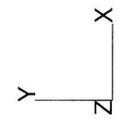
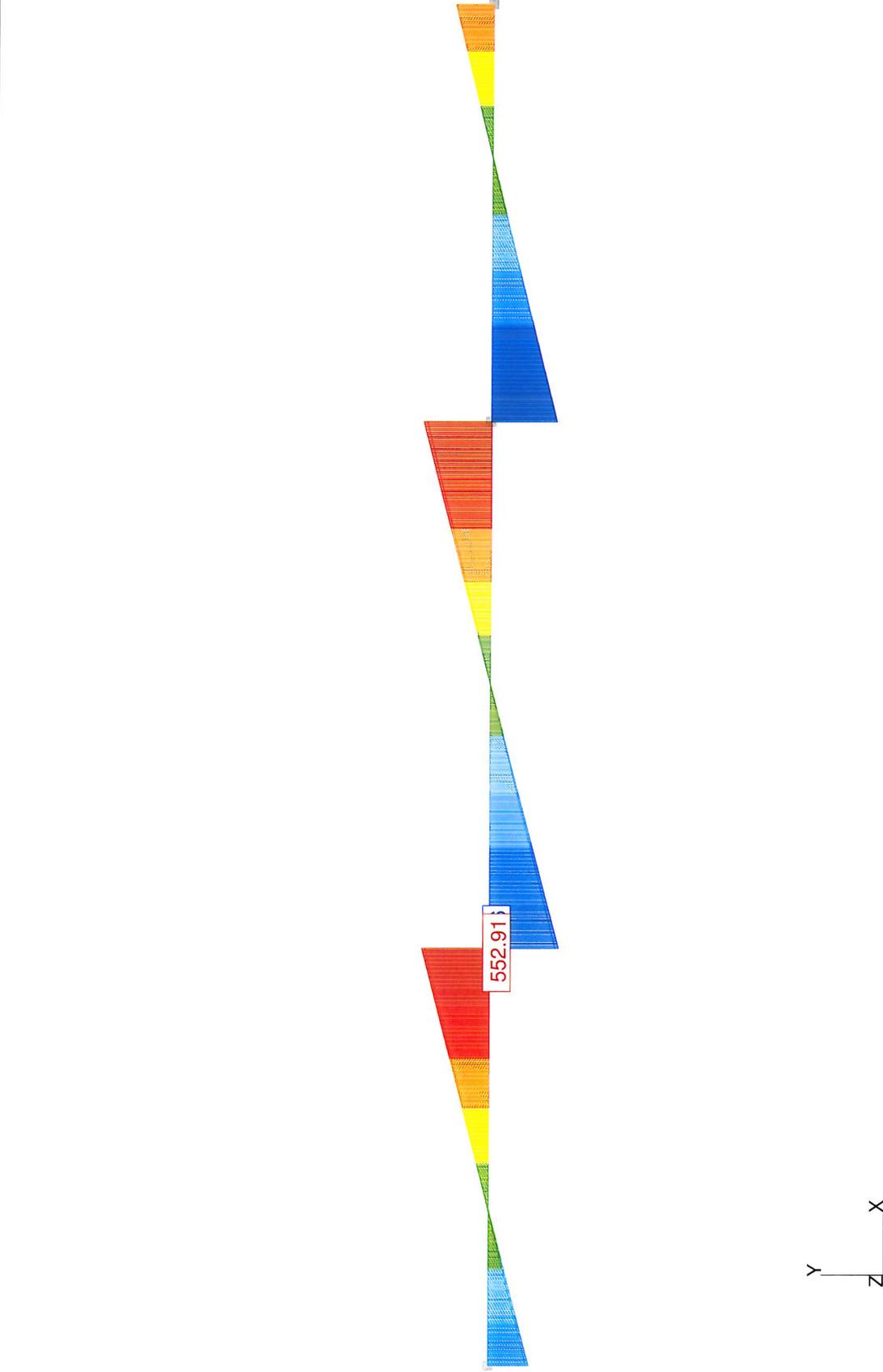


Efforts (kN*m) Enveloppe	
1..3	Cas de l'enveloppe

Charges permanentes

Effort tranchant Fy

- Date 20/11/12 -

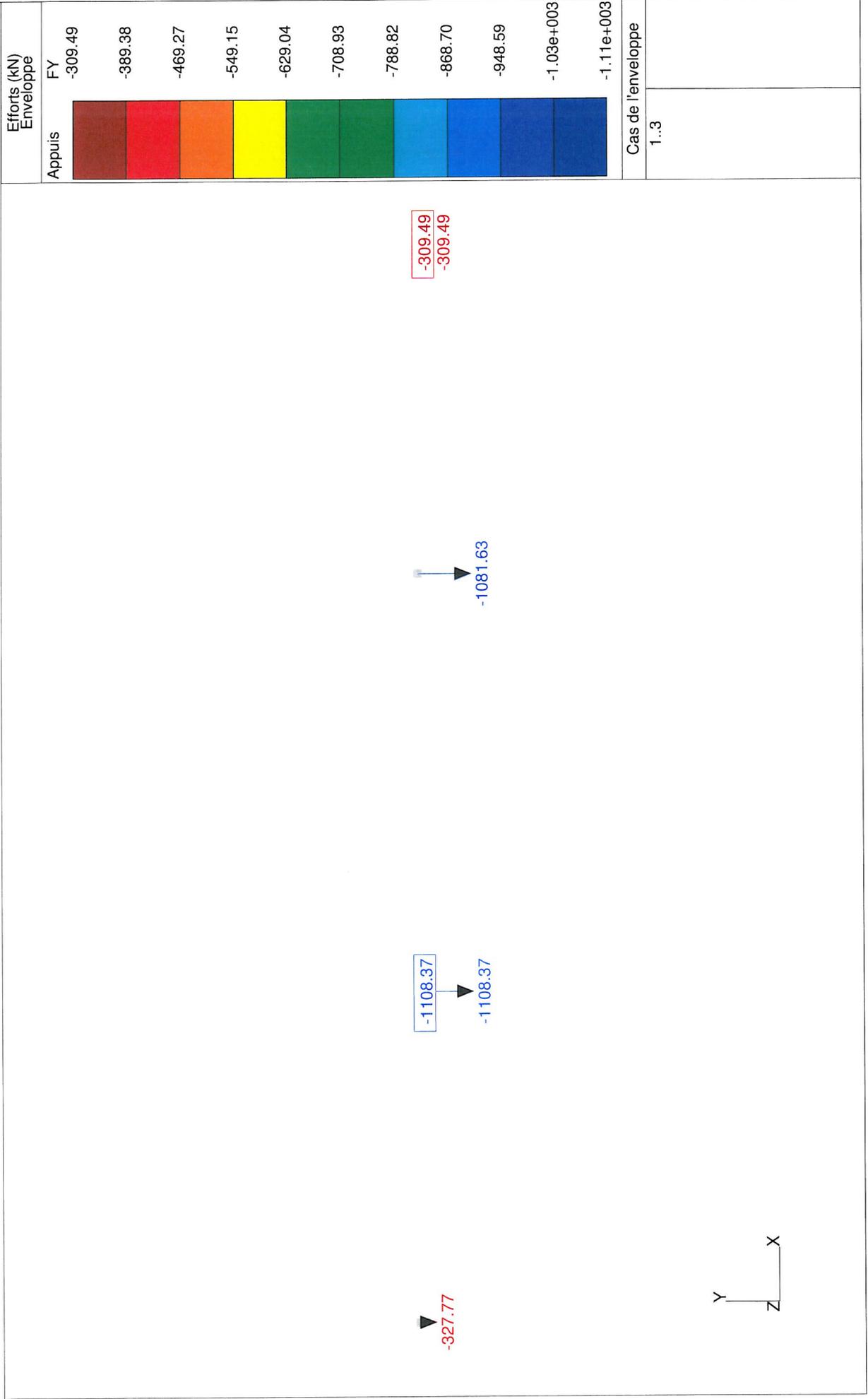


Cas de l'enveloppe	
1..3	

Charges permanentes

Réactions d'appui maxi RY

- Date 20/11/12 -



Cas de l'enveloppe	
1..3	

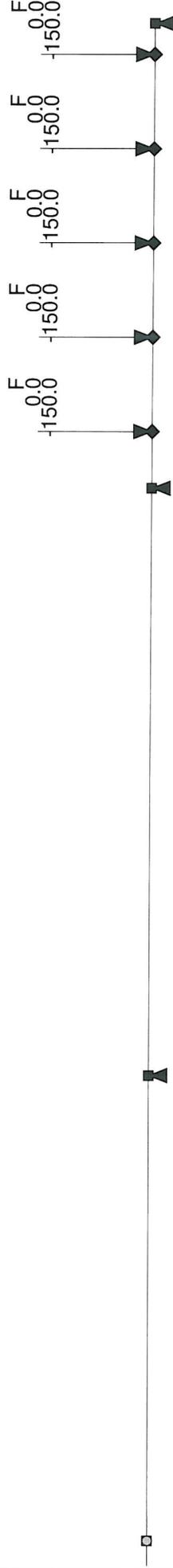
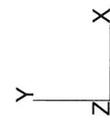
Effel 2010 - Structure

Anciennes charges ferroviaires

Cas n°394

Ech=1/214

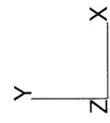
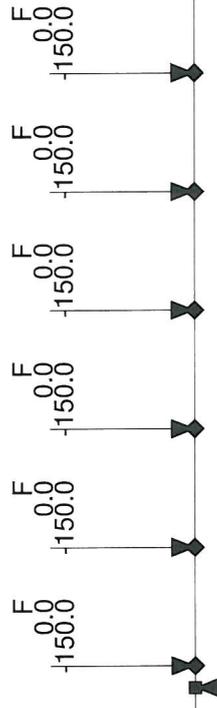
- Date 20/11/12 -

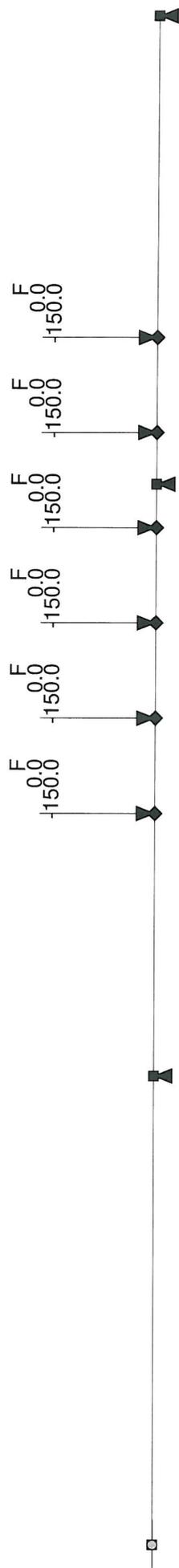


Anciennes charges ferroviaires

# Cas n°278

- Date 20/11/12 -

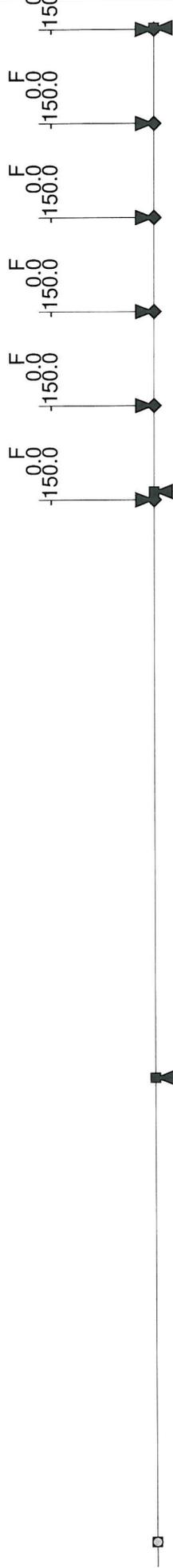
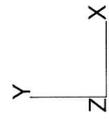




Anciennes charges ferroviaires

Cas n°382

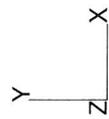
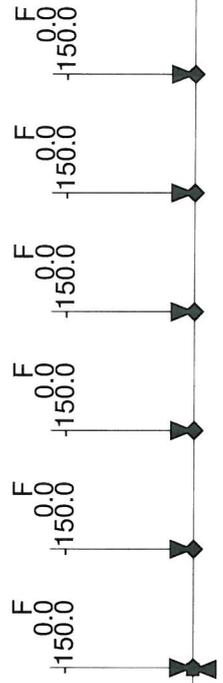
- Date 20/11/12 -



Anciennes charges ferroviaires

Cas n°275

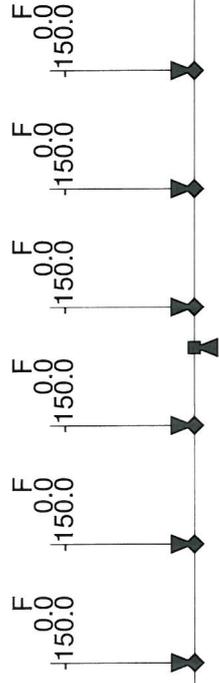
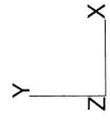
- Date 20/11/12 -



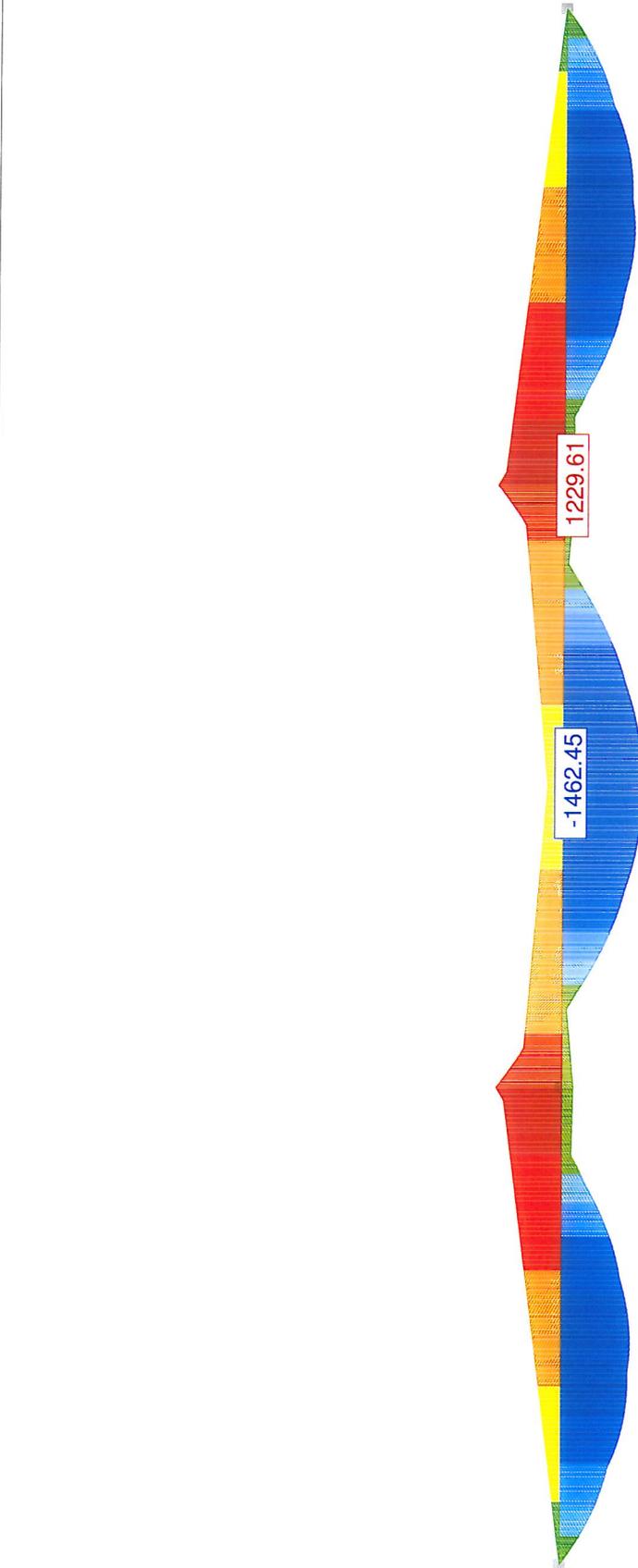
Anciennes charges ferroviaires

Cas n°337

- Date 20/11/12 -



- Date 20/11/12 -



Filaires	Mz
	1229.61
	960.40
	691.19
	421.99
	152.78
	-116.42
	-385.63
	-654.83
	-924.04
	-1.19e+003
	-1.46e+003

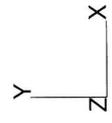
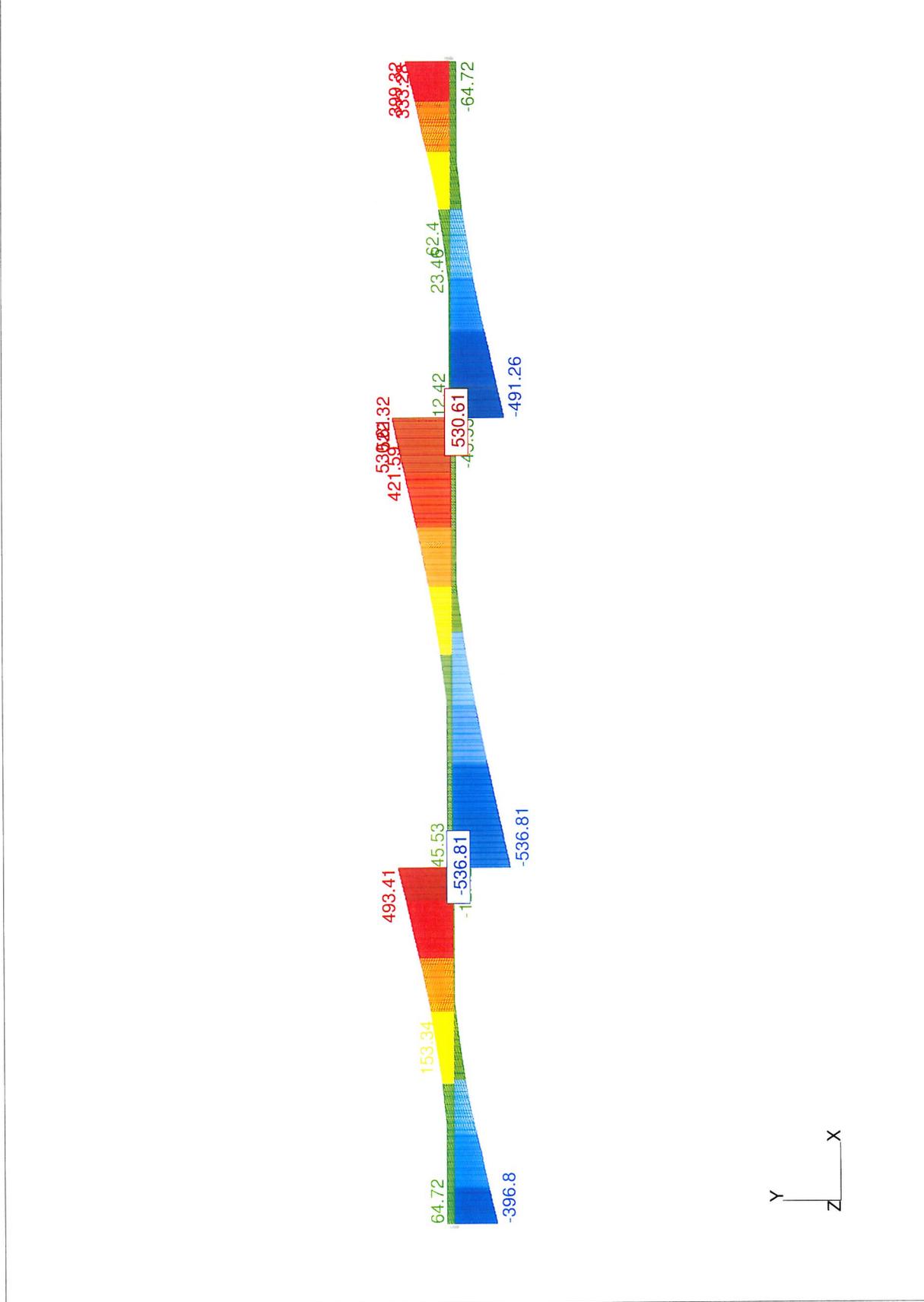
Cas de l'enveloppe
--------------------

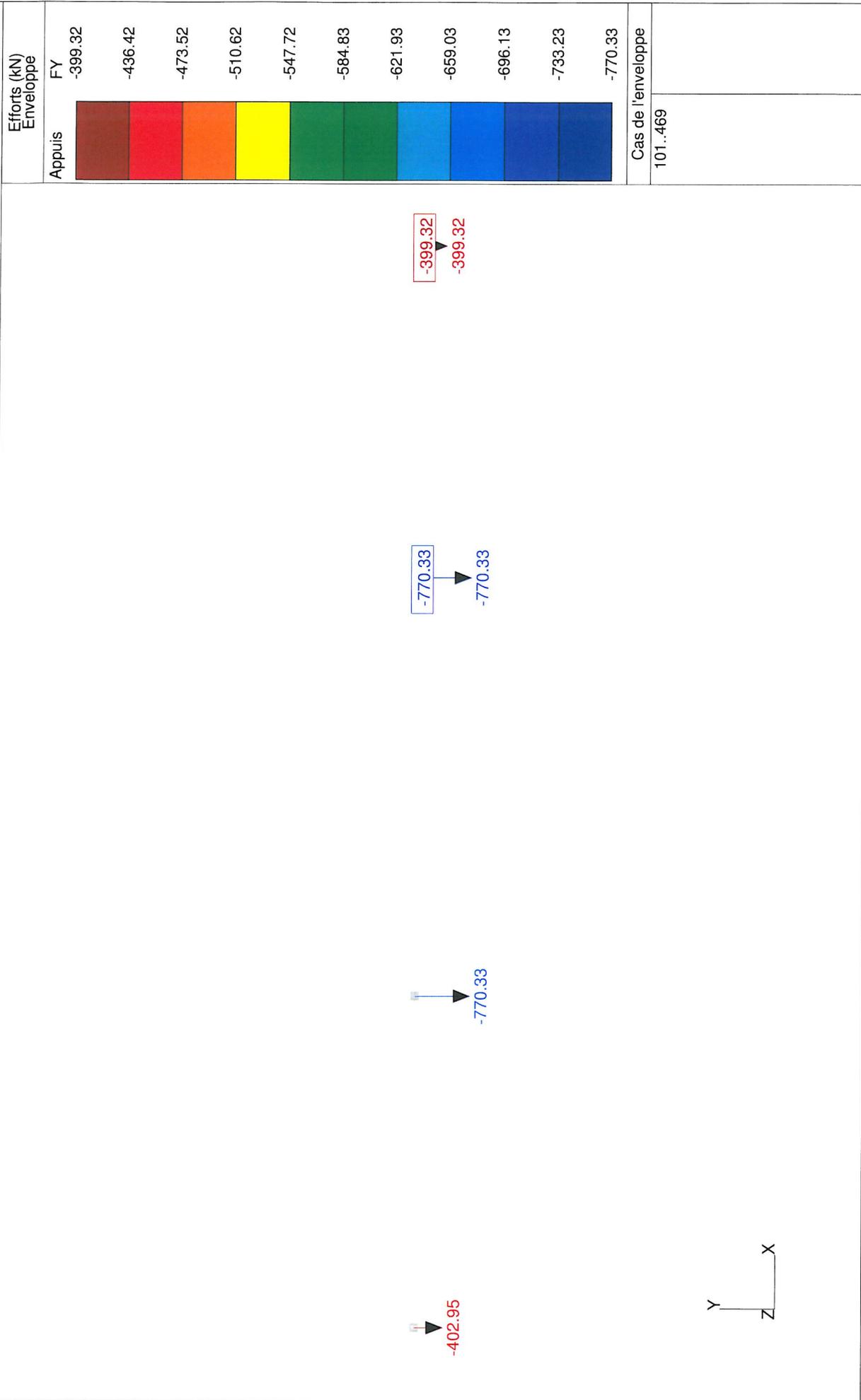
101..469

Anciennes charges ferroviaires

Effort tranchant Fy

- Date 20/11/12 -





Efforts (kN)  
Enveloppe

Appuis

FY

- 399.32
- 436.42
- 473.52
- 510.62
- 547.72
- 584.83
- 621.93
- 659.03
- 696.13
- 733.23
- 770.33

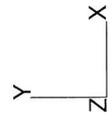
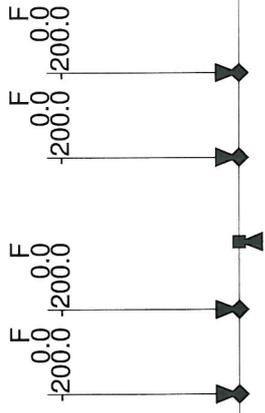
Cas de l'enveloppe

101..469

# Loco diesel D146

# Cas n°152

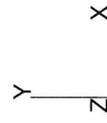
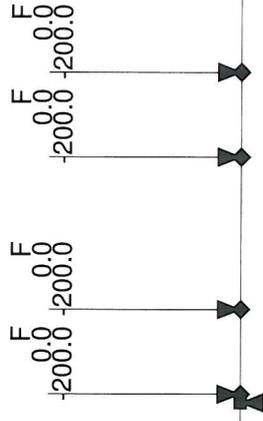
- Date 20/11/12 -



# Loco diesel D146

# Cas n°171

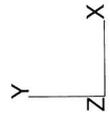
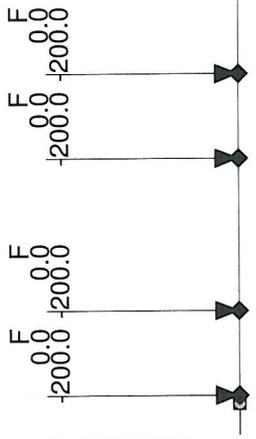
- Date 20/11/12 -



Loco diesel D146

Cas n°102

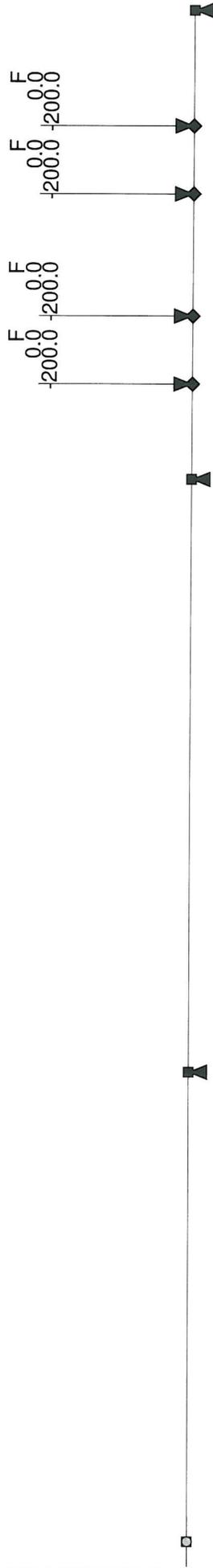
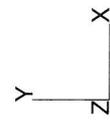
- Date 20/11/12 -



Loco diesel D146

Cas n°271

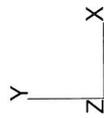
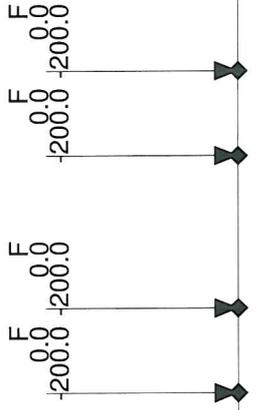
- Date 20/11/12 -

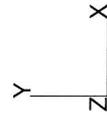
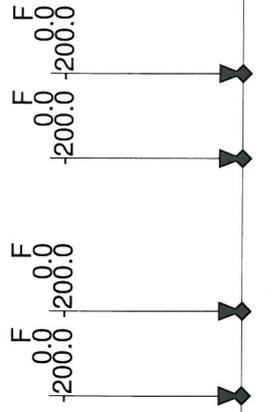


# Loco diesel D146

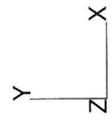
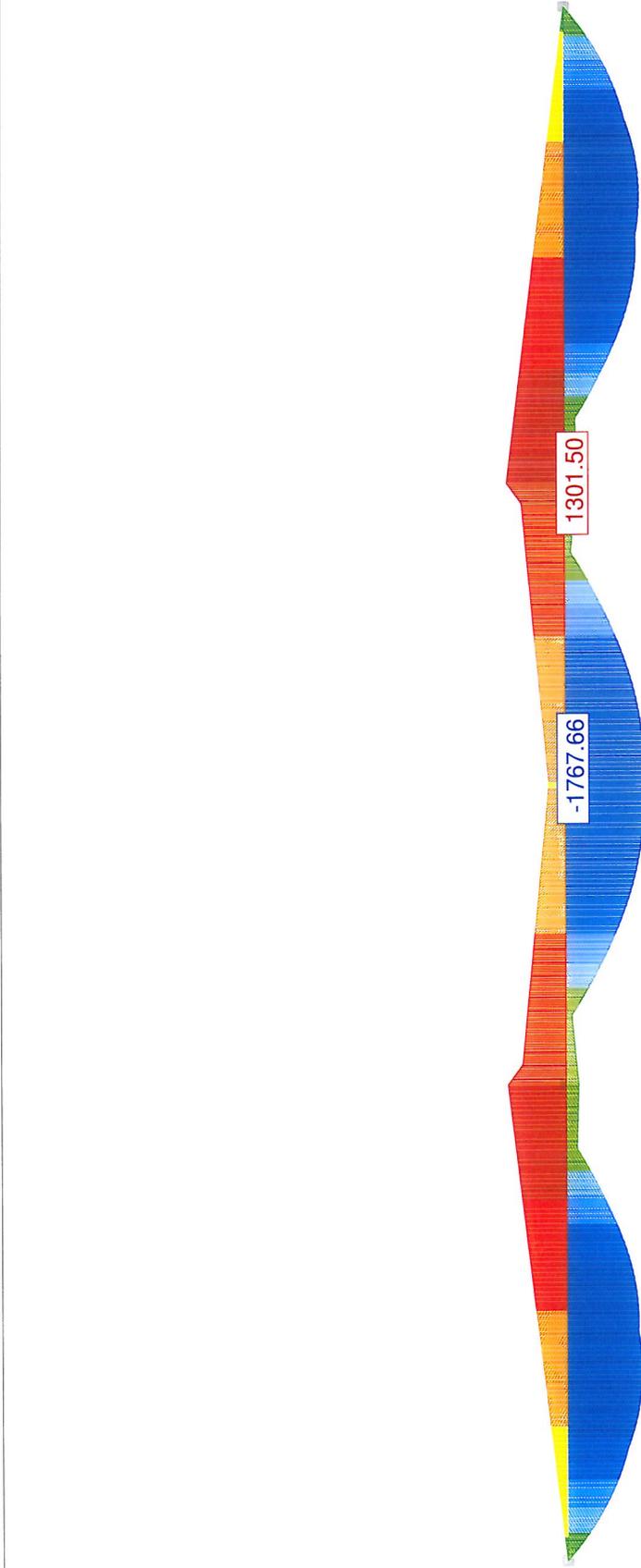
# Cas n°201

- Date 20/11/12 -





- Date 20/11/12 -



Filaires	Mz	Efforts (kN*m) Enveloppe
	1301.50	
	994.59	
	687.67	
	380.76	
	73.84	
	-233.08	
	-539.99	
	-846.91	
	-1.15e+003	
	-1.46e+003	
	-1.77e+003	

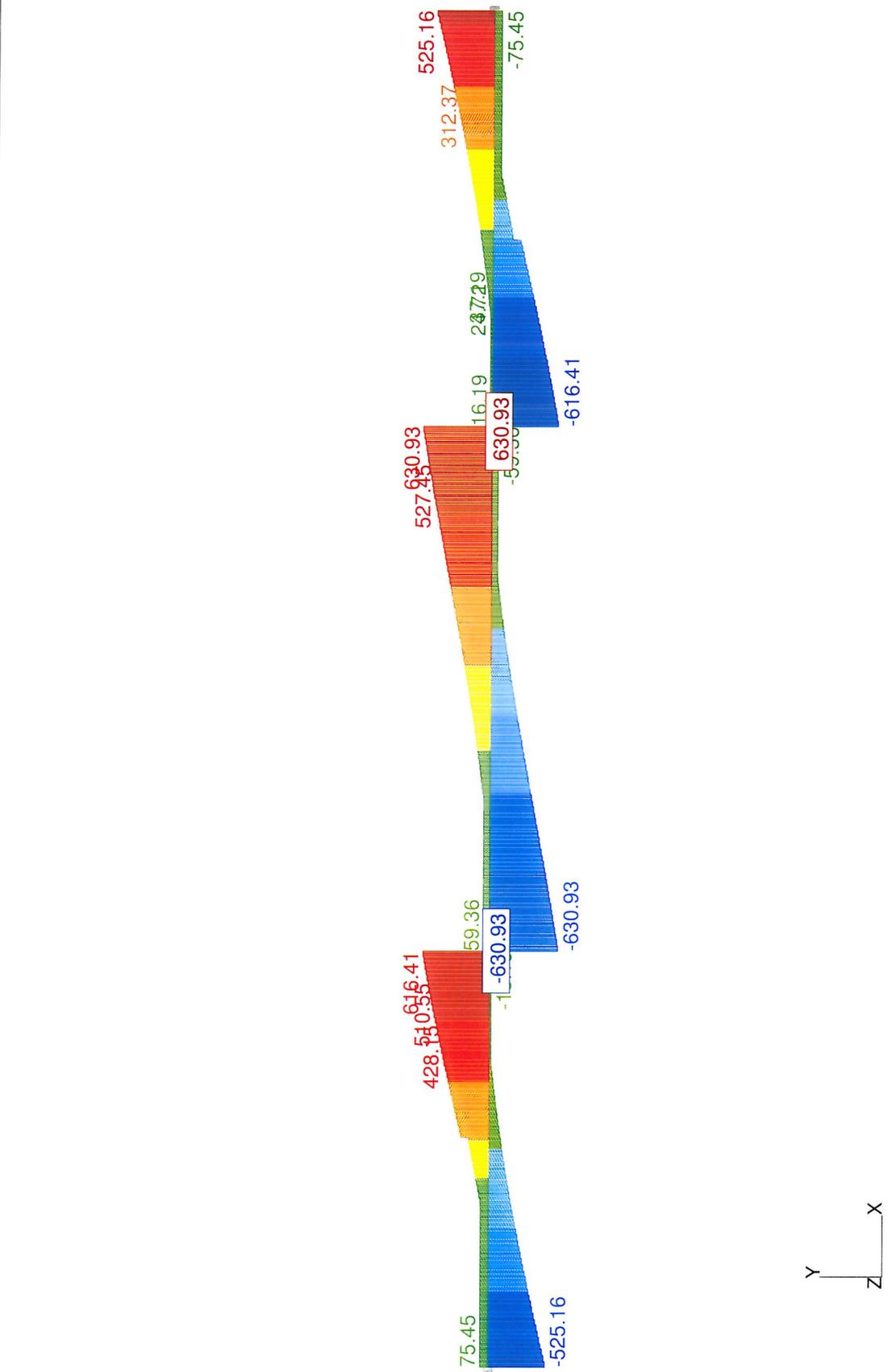
  

Cas de l'enveloppe
101..288

Loco diesel D146

Effort tranchant Fy

- Date 20/11/12 -



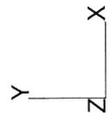
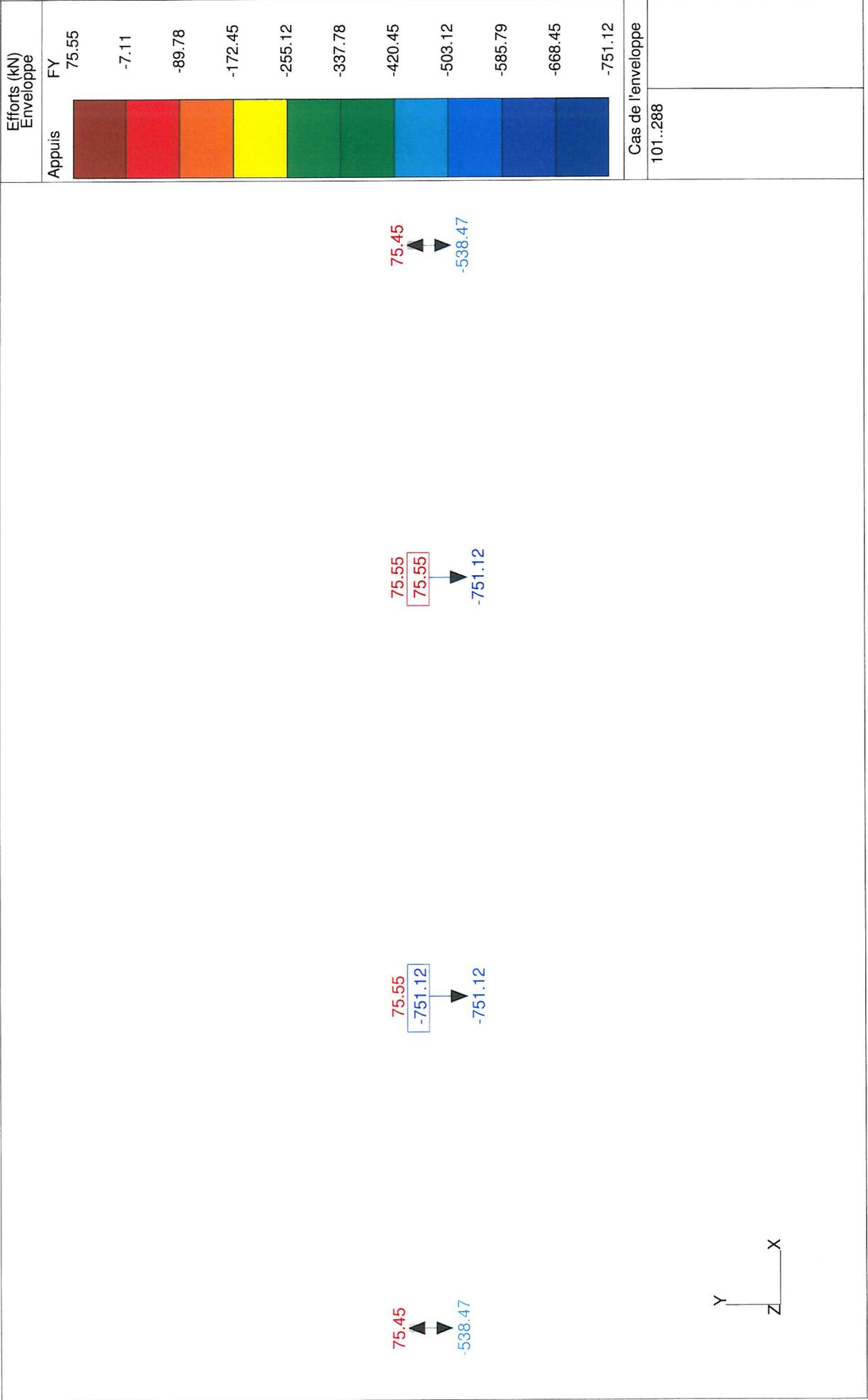
Filaires	Efforts (kN) Enveloppe
	Fy
	630.93
	504.74
	378.56
	252.37
	126.19
	0.00
	-126.19
	-252.37
	-378.56
	-504.74
	-630.93

Cas de l'enveloppe
101...288

# Loco diesel D146

## Réactions d'appui RY

- Date 20/11/12 -



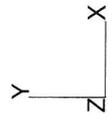
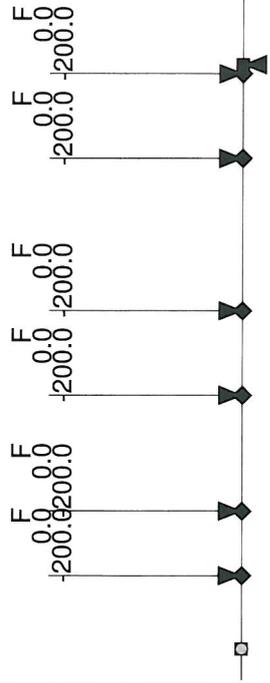
Effel 2010 - Structure

Loco diesel D146 + wagons rgmms

Cas n°331

Ech=1/214

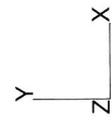
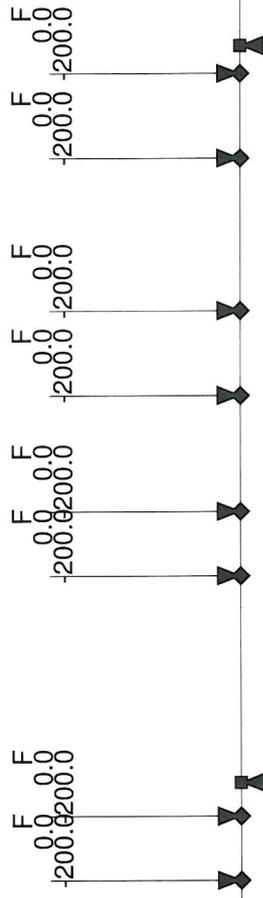
- Date 20/11/12 -



# Cas n°416

Loco diesel D146 + wagons rgmms

- Date 20/11/12 -



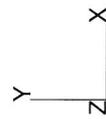
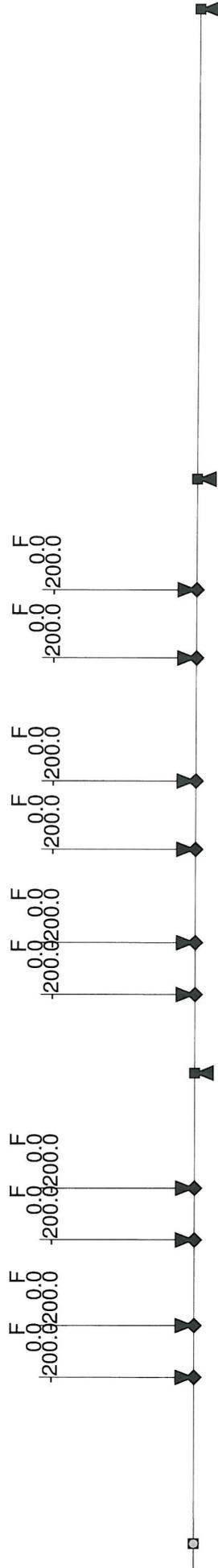
Effel 2010 - Structure

Loco diesel D146 + wagons rgmms

Cas n°741

Ech=1/214

- Date 20/11/12 -



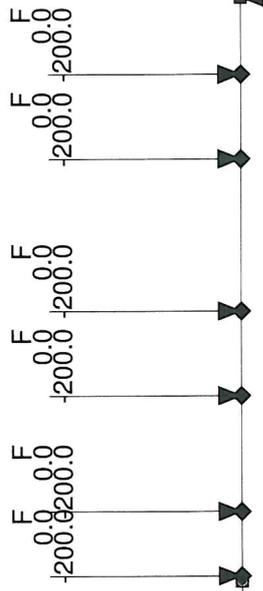
Effel 2010 - Structure

Ech=1/214

Loco diesel D146 + wagons rgmms

Cas n°661

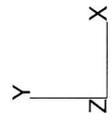
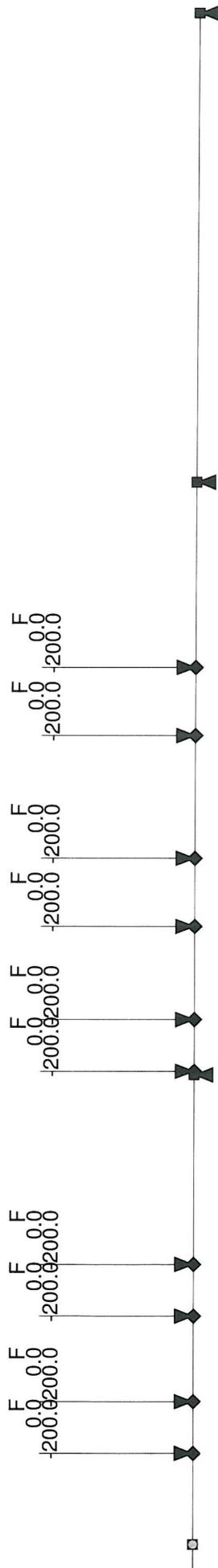
- Date 20/11/12 -



Loco diesel D146 + wagons rgmms

Cas n°730

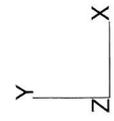
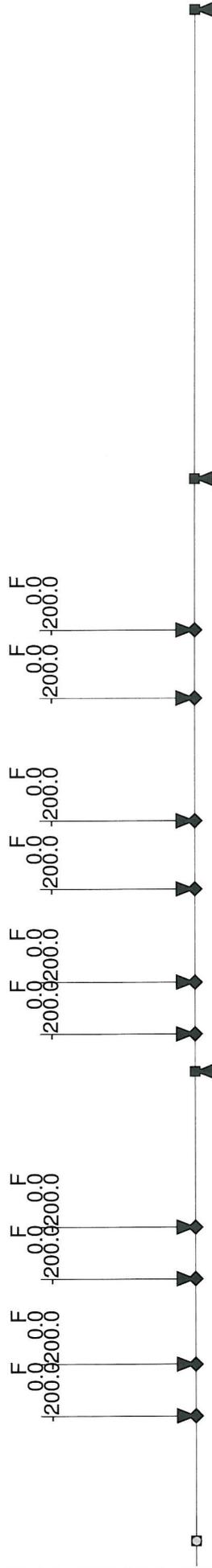
- Date 20/11/12 -



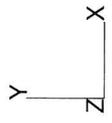
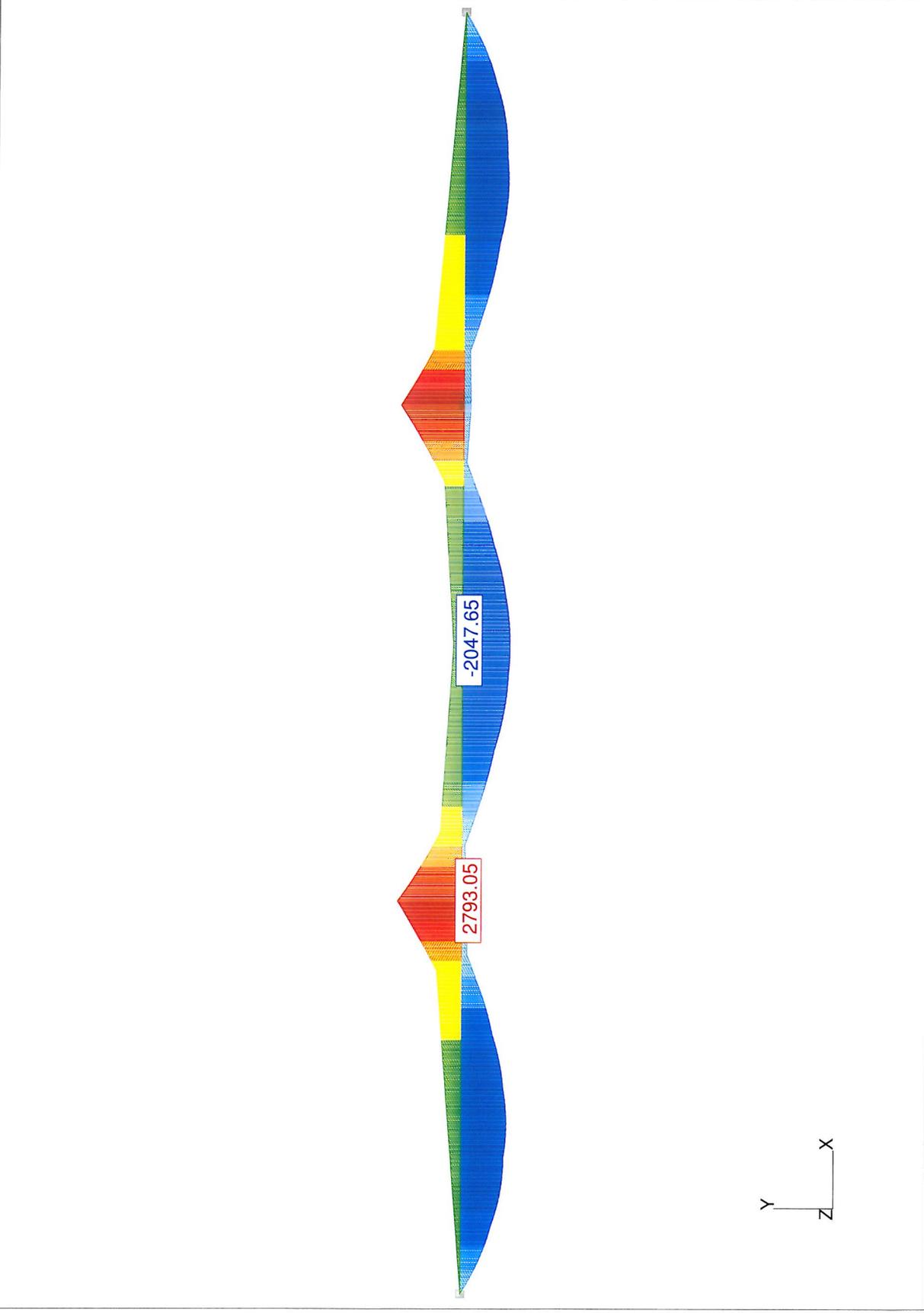
# Cas n°735

Loco diesel D146 + wagons rgmms

- Date 20/11/12 -



# Moment Mz



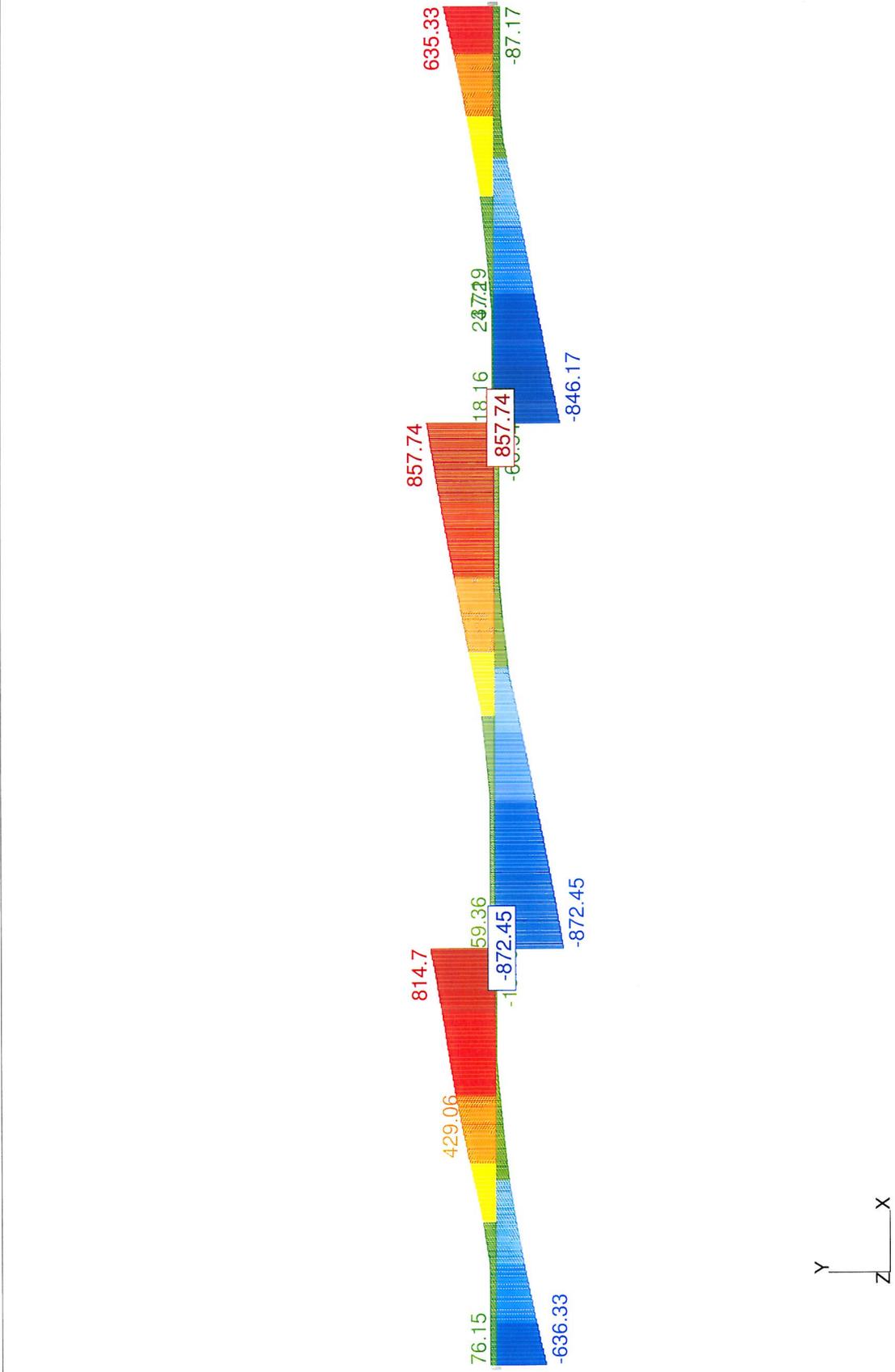
Effel 2010 - Structure

Loco diesel D146 + Wagons Rgmms

Effort tranchant Fy

Ech=1/242

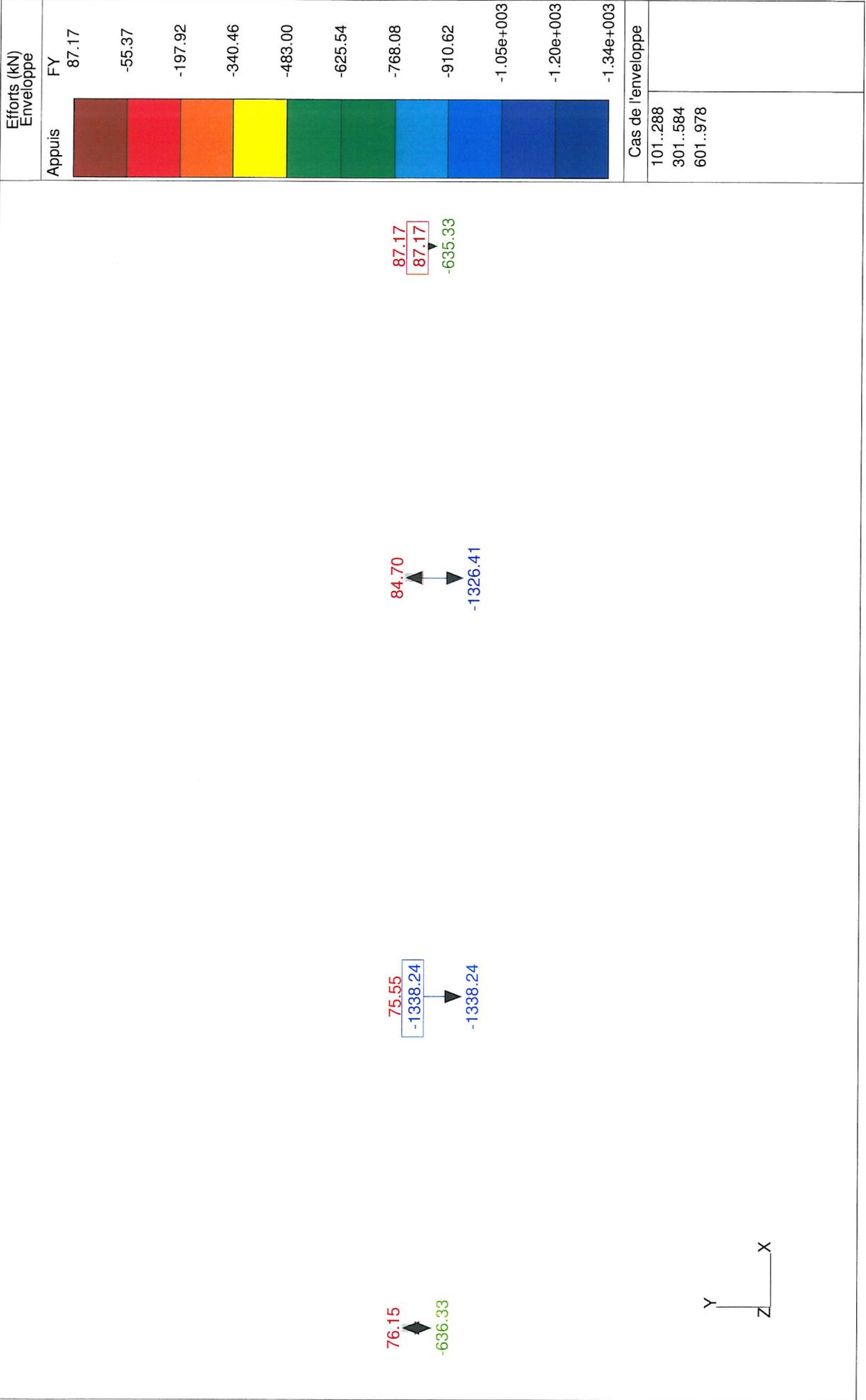
- Date 20/11/12 -



Cas de l'enveloppe

- 101..288
- 301..584
- 601..978

- Date 20/11/12 -



Efforts (kN) Enveloppe	
Appuis	FY
	87.17
	-55.37
	-197.92
	-340.46
	-483.00
	-625.54
	-768.08
	-910.62
	-1.05e+003
	-1.20e+003
	-1.34e+003
Cas de l'enveloppe	
101..288	
301..584	
601..978	