

SESSION 2007

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR**  
**TRAITEMENTS DES MATERIAUX**

SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES  
Sous-épreuve commune aux deux options

- U4.2 -

**DUREE : 2 heures**

**COEFFICIENT : 2**

Les calculatrices de poche sont autorisées conformément à la circulaire n°99-186  
du 16 novembre 1999

**Document à rendre obligatoirement avec la copie : Annexe 6 page 10**

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Le sujet comporte 10 pages, numérotées de 1 à 10 dont 6 annexes.

|   |   |   |                     |
|---|---|---|---------------------|
| <b>BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR – TRAITEMENTS DES MATERIAUX</b> |   |   |                     |
| <b>Durée : 2 heures</b>   | <b>Coefficient : 2</b>                              | <b>Sciences et Techniques Industrielles</b> | <b>Session 2007</b> |
| <b>Code : TMSTI AB</b>  | <b>Sous-épreuve commune aux deux options – U4.2</b> |   | <b>Page 1/10</b>    |

## Viaduc de Millau

Le viaduc de Millau, ouvert à la circulation le 17 décembre 2004, est garanti d'une pérennité de 120 ans de part sa conception en acier. La quantité totale d'acier utilisée s'élève à 62 550 tonnes dont 36 000 tonnes pour le tablier (voir annexe 1 page 5). Les haubans sont des torons de 7 câbles aciers (voir annexe 2 page 6).



Le groupe Eiffage fut chargé de l'élaboration de la majeure partie des éléments acier du viaduc notamment les tabliers, et la société Freyssinet a obtenu la fabrication des haubans.

Notre étude portera sur la réalisation du tablier, les caractéristiques et le traitement des câbles.

| <b>BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR – TRAITEMENTS DES MATERIAUX</b> |                        |   |                     |
|---|------------------------|---|---------------------|
| <b>Durée : 2 heures</b>   | <b>Coefficient : 2</b> | <b>Sciences et Techniques Industrielles</b>         | <b>Session 2007</b> |
| <b>Code : TMSTI AB</b>  |                        | <b>Sous-épreuve commune aux deux options – U4.2</b> | <b>Page 2/10</b>    |

**Partie A : Etude du tablier**

- 1.1 Donner une description du procédé de laminage à chaud.
- 1.2 En tenant compte de la massivité des pièces, indiquer une méthode macrographique judicieuse permettant de visualiser le fibrage d'un profilé de ce tablier.
- 1.3 Décoder la désignation de la nuance utilisée pour le tablier (annexe 1), en précisant la signification de chaque terme.

**Partie B : Etude du hauban**

Les haubans sont des torons de 7 fils d'acier (annexe 2). Pour notre étude nous considérerons qu'ils sont tous de diamètre identique (avant tréfilage à chaud  $\varnothing$  13 mm, après tréfilage  $\varnothing$  5 mm). La réception de l'acier de ces fils est basée sur une analyse micrographique.

- 2.1 Donner le nom du traitement thermique permettant de valider la réception (phase 5) de l'acier (voir annexe 2) afin de vérifier la teneur en carbone.
- 2.2 A l'aide des données de l'annexe 4 page 8, tracer le cycle thermique de ce traitement en indiquant la température, le temps de maintien ainsi que le mode de refroidissement.
- 2.3 A l'aide du diagramme fer-cémentite en annexe 4 page 8,
  - 2.3.1 Déterminer les constituants présents à température ambiante.
  - 2.3.2 Calculer la proportion de chacun d'entre eux.

L'étude suivante est basée sur un contrôle de fin de production. Les différentes étapes de tréfilage ont été effectuées. Nous prélèverons donc un échantillon avant l'étape de galvanisation (voir gamme de fabrication en annexe 2).

- 2.4 Donner une description du procédé de tréfilage.
- 2.5 A l'aide du cahier des charges d'un toron fourni en annexe 2 page 6 et de la courbe de traction de l'annexe 6 page 10 :
  - 2.5.1 Déterminer les charges limites d'élasticité admissibles d'un toron, puis de celle d'un fil.
  - 2.5.2 Effectuer la construction sur l'annexe 6 et les calculs nécessaires afin de contrôler la validité du cahier des charges. (joindre la courbe à votre copie)
- 2.6 Indiquer la structure recherchée lors du maintien à 500 °C (annexe 3, page 7).
- 2.7 Donner la dureté obtenue.

|   |                        |   |                     |
|---|------------------------|---|---------------------|
| <b>BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR – TRAITEMENTS DES MATERIAUX</b> |                        |   |                     |
| <b>Durée : 2 heures</b>   | <b>Coefficient : 2</b> | <b>Sciences et Techniques Industrielles</b>         | <b>Session 2007</b> |
| <b>Code : TMSTI AB</b>  |                        | <b>Sous-épreuve commune aux deux options – U4.2</b> | <b>Page 3/10</b>    |

**Partie C : Galvanisation à chaud ou zingage électrolytique des fils**

3.1 Décrire brièvement le principe de la galvanisation à chaud.

Le fournisseur se propose d'effectuer une étude comparative, basée uniquement sur le temps de traitement, entre une galvanisation et un revêtement électrolytique.

Tous les calculs seront effectués pour une surface totale de 1 dm<sup>2</sup>.

3.2 Pour la méthode de galvanisation à chaud et à l'aide de l'annexe 5 page 9, déterminer l'épaisseur obtenue.

3.3 Pour la technique par revêtement électrolytique et en considérant que la galvanisation nous donne une épaisseur de 10 µm on demande l'étude suivante :

3.3.1 Calculer l'intensité à utiliser.

3.3.2 Calculer le temps réel d'électrolyse en minute.

3.4 Quel procédé proposez-vous ? Justifier votre réponse.

**Barème indicatif**

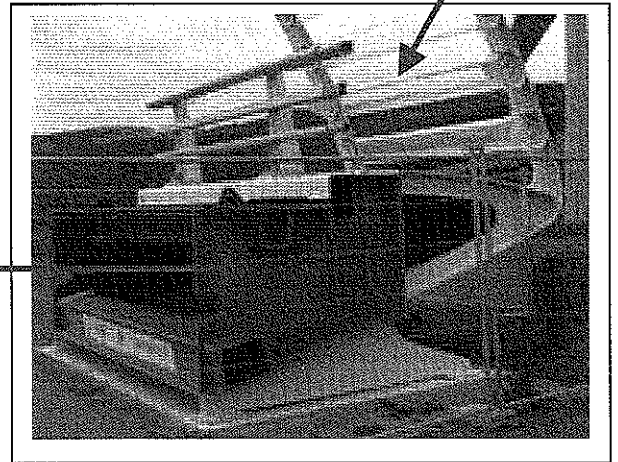
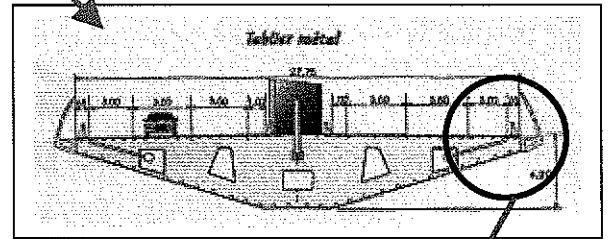
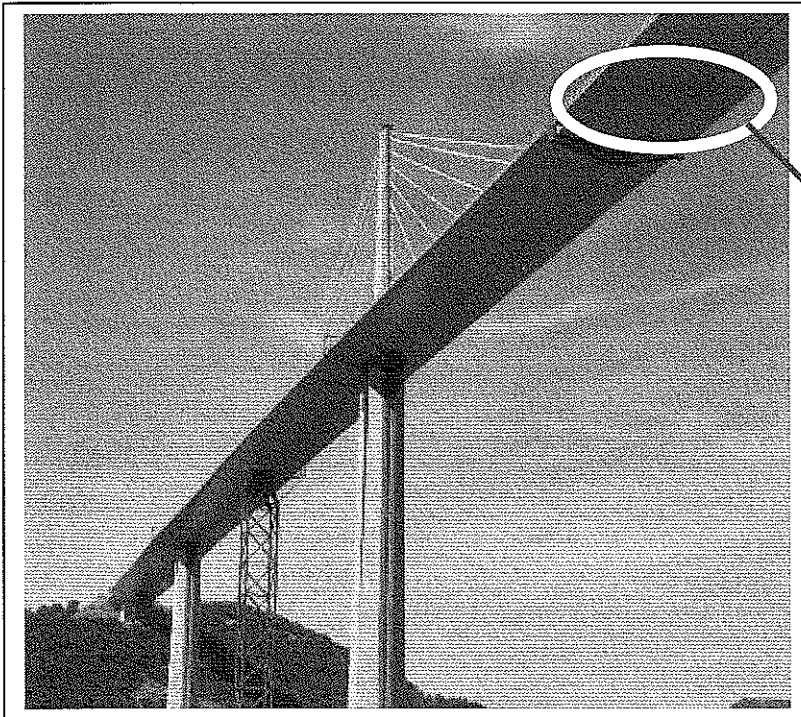
| Partie    | Partie A |     |     | Partie B |     |       |       |
|-----------|----------|-----|-----|----------|-----|-------|-------|
| Questions | 1.1      | 1.2 | 1.3 | 2.1      | 2.2 | 2.3.1 | 2.3.2 |
| Points    | 1        | 0,5 | 1   | 1        | 1,5 | 1     | 1,5   |

| Partie    | Partie B |       |       |     |     | Partie C |     |       |       |
|-----------|----------|-------|-------|-----|-----|----------|-----|-------|-------|
| Questions | 2.4      | 2.5.1 | 2.5.2 | 2.6 | 2.7 | 3.1      | 3.2 | 3.3.1 | 3.3.2 |
| Points    | 1        | 2     | 2     | 1   | 0,5 | 1        | 1   | 1     | 2     |

| Partie    | Partie C |
|-----------|----------|
| Questions | 3.4      |
| Points    | 1        |

ANNEXE 1

**TABLIER** : Structure porteuse horizontale du viaduc sur laquelle circulent les véhicules.



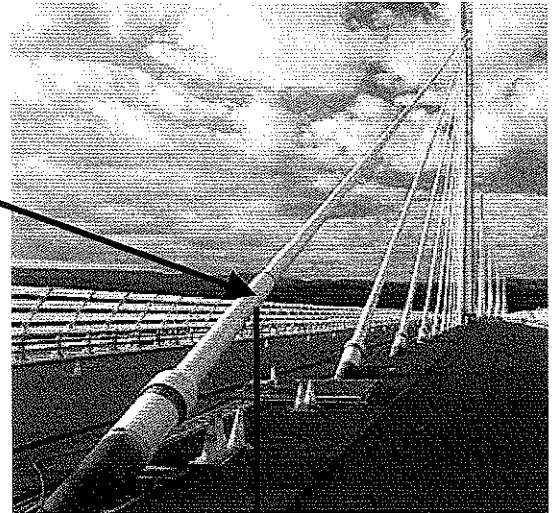
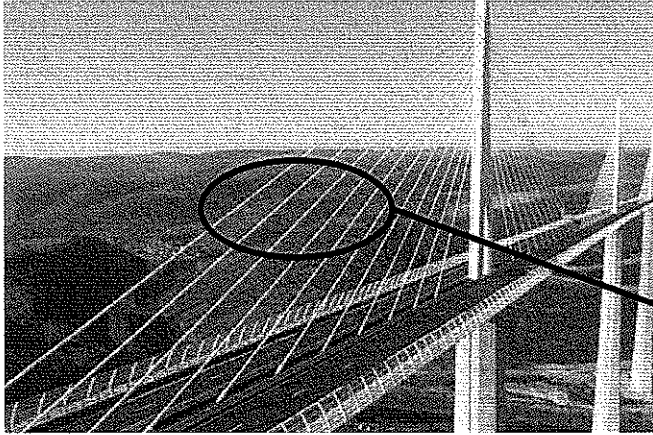
Tablier

Plus du tiers des aciers du tablier sont des plaques à hautes limites élastiques de nuances **E460**. Ce sont des tôles et des profilés obtenus par laminage à chaud.

| BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR – TRAITEMENTS DES MATERIAUX |                 |  |              |
|--|-----------------|--|--------------|
| Durée : 2 heures   | Coefficient : 2 | Sciences et Techniques Industrielles         | Session 2007 |
| Code : TMSTI AB  |                 | Sous-épreuve commune aux deux options – U4.2 | Page 5/10    |

## ANNEXE 2

**HAUBANS** : Chaque pylône est équipé d'une nappe monoaxiale de 11 paires de haubans disposés en vis-à-vis. Selon leur longueur, ces derniers se composent de 55 à 91 câbles d'acier, ou torons, eux-mêmes formés de 7 fils d'acier.

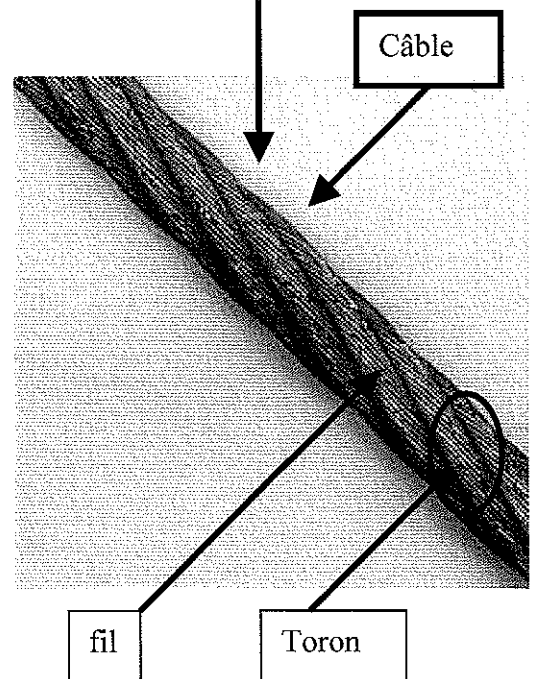


### Gamme de fabrication d'un fil du toron

- 5 Réception
- 10 Chauffage 1250 °C
- 20 Refroidissement air jusqu'à 950 °C.
- 30 Tréfilage (7 passes)
- 40 Passage boîte à eau (sortie du fil 800 °C)
- 50 Tréfilage (2 passes)
- 60 Passage boîte à eau (sortie du fil 500 °C)
- 70 Maintien en température pendant : 20 min
- 80 Galvanisation
- 90 Refroidissement
- 100 Extrusion de polyéthylène haute densité pour recouvrir le fil
- 110 Création du toron.

### Cahier des charges d'un Toron de hauban

- Toron : 7 fils d'acier de diamètre 5 mm
- Désignation du fil : C70
- Rm du toron : 1860 MPa
- Re admissible d'un toron : 80% de Rm



| BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR – TRAITEMENTS DES MATERIAUX |                 |  |              |
|--|-----------------|--|--------------|
| Durée : 2 heures   | Coefficient : 2 | Sciences et Techniques Industrielles         | Session 2007 |
| Code : TMSTI AB  |                 | Sous-épreuve commune aux deux options – U4.2 | Page 6/10    |

ANNEXE 3

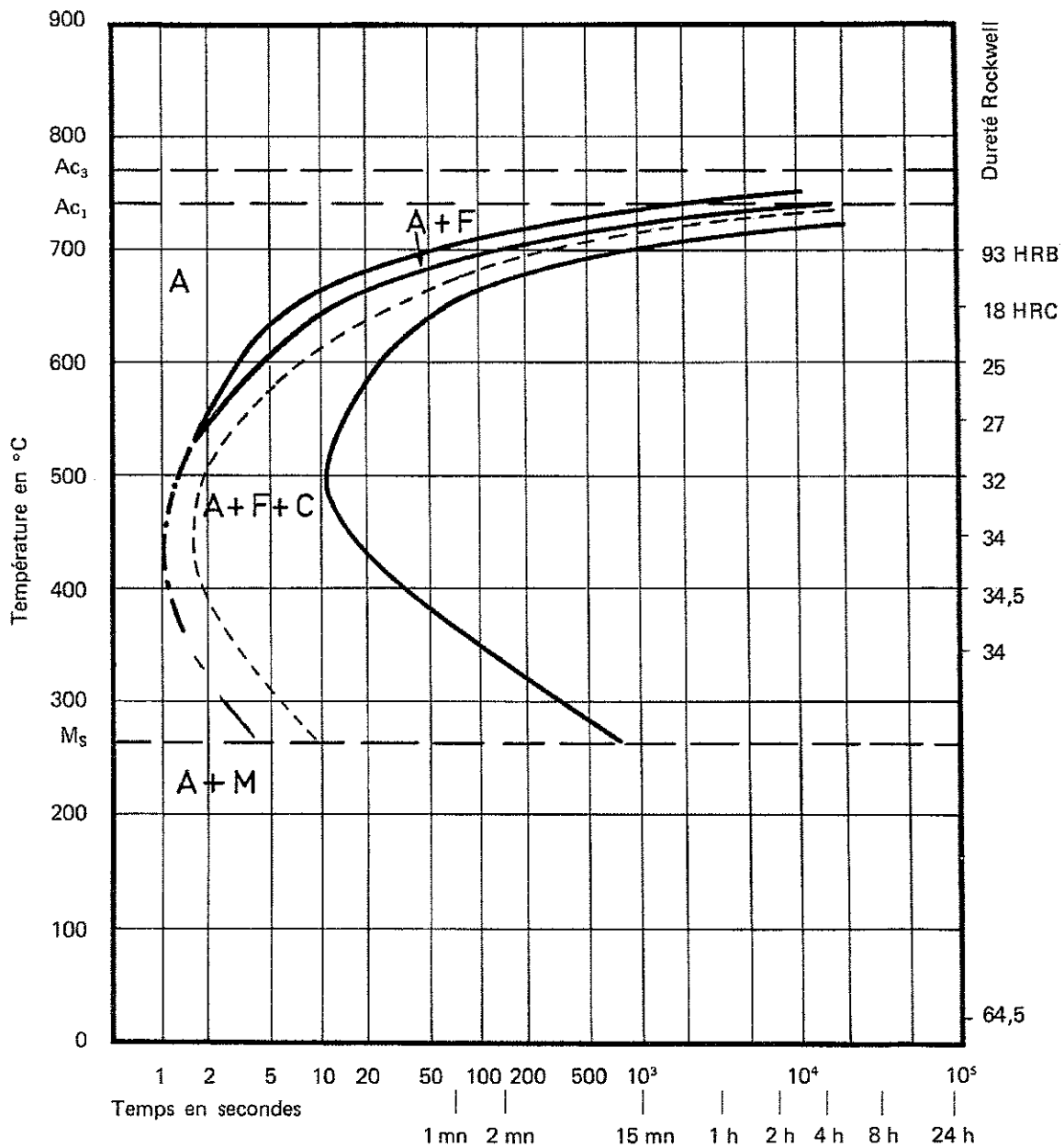
C 70

70 C 1 ty

| C %  | Mn % | Si % | S %   | P %   | Ni % | Cr % | Cu %  |
|------|------|------|-------|-------|------|------|-------|
| 0,72 | 0,35 | 0,20 | 0,050 | 0,011 | 0,06 | 0,28 | 0,049 |

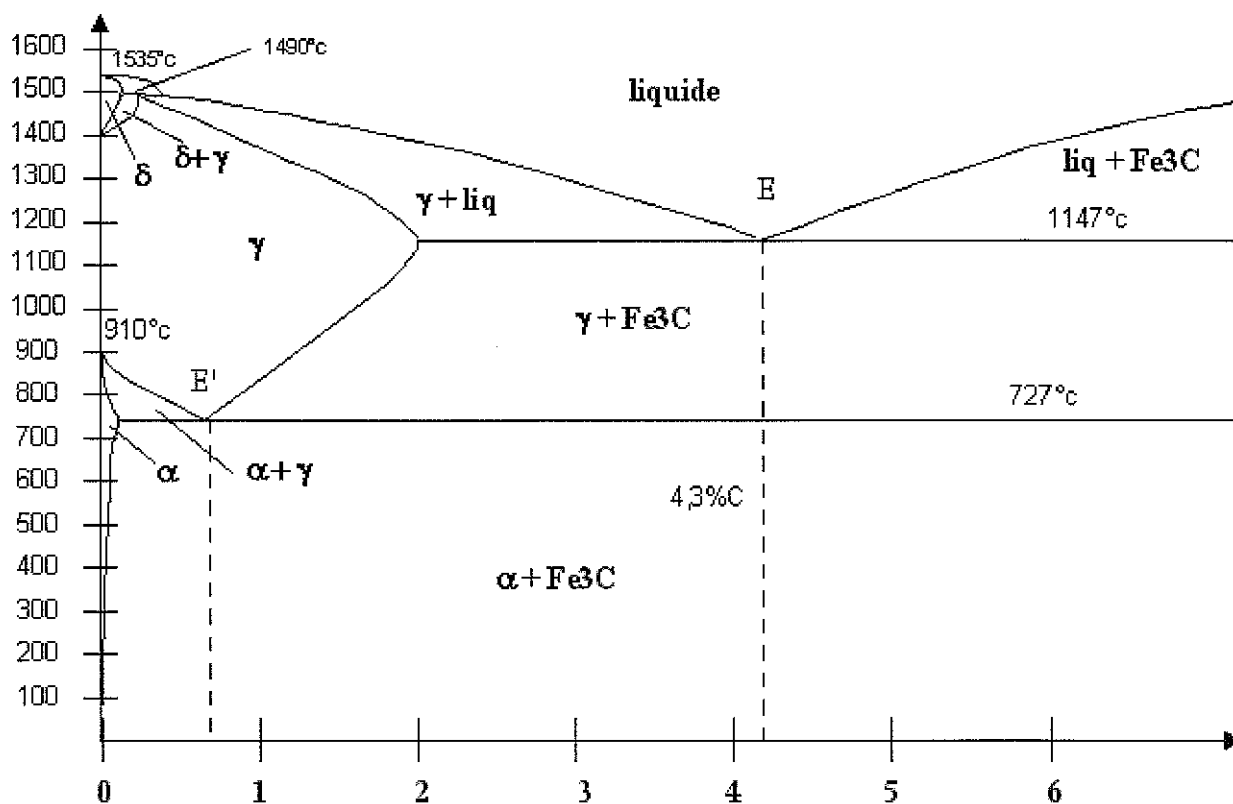
Austénitéisé à 850 °C 30 mn

Grosueur du grain : 9-10



| BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR – TRAITEMENTS DES MATERIAUX |                 |  |              |
|--|-----------------|--|--------------|
| Durée : 2 heures   | Coefficient : 2 | Sciences et Techniques Industrielles         | Session 2007 |
| Code : TMSTI AB  |                 | Sous-épreuve commune aux deux options – U4.2 | Page 7/10    |

ANNEXE 4



- Limite de solubilité du carbone dans la ferrite : 0,02 % à 727 °C - 0,008 % à 0 °C.
- Pourcentage de carbone de l'eutectoïde : 0,77 %

| BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR – TRAITEMENTS DES MATERIAUX |                 |  |              |
|--|-----------------|--|--------------|
| Durée : 2 heures   | Coefficient : 2 | Sciences et Techniques Industrielles         | Session 2007 |
| Code : TMSTI AB  |                 | Sous-épreuve commune aux deux options – U4.2 | Page 8/10    |



## ANNEXE 5

### Galvanisation à chaud des fils

- Les fils sont traités en nappe, c'est-à-dire qu'une vingtaine de fils sont traités en même temps ;
- La durée d'immersion du fils est de 4 min ;
- Le poids de couche du revêtement obtenu est de 0,75 g /dm<sup>2</sup>.

### Condition d'utilisation d'un bain de zinc électrolytique

- Densité de courant : 2 A/dm<sup>2</sup>
- Rendement cathodique : 95 %

On donne par ailleurs les paramètres suivants

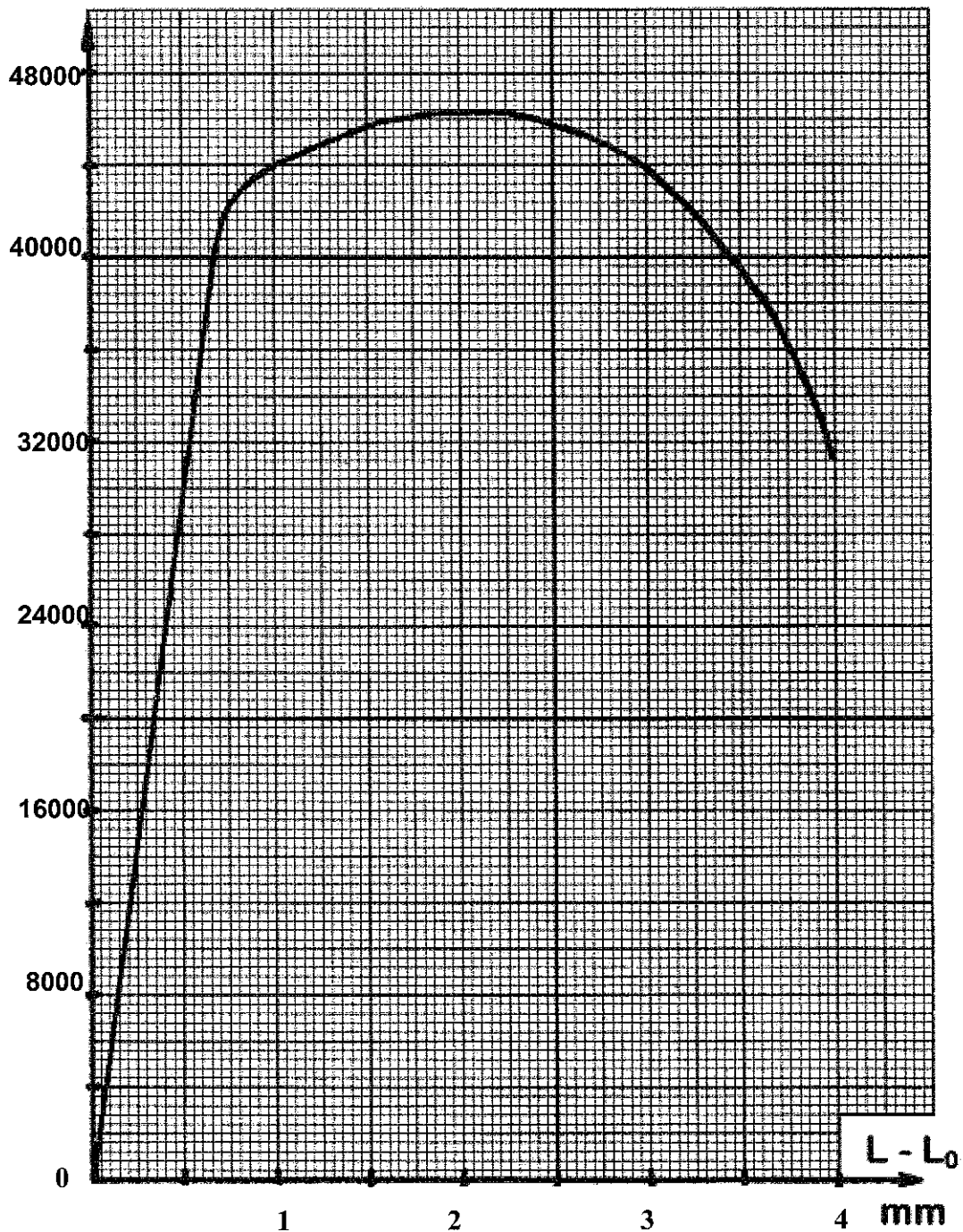
- Masse volumique du zinc : 7,1 g/cm<sup>3</sup>
- Masse molaire du zinc : 65,4 g/mol
- Electrovalence du zinc : 2

| <b>BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR – TRAITEMENTS DES MATERIAUX</b> |                        |   |                     |
|---|------------------------|---|---------------------|
| <b>Durée : 2 heures</b>   | <b>Coefficient : 2</b> | <b>Sciences et Techniques Industrielles</b>         | <b>Session 2007</b> |
| <b>Code : TMSTI AB</b>  |                        | <b>Sous-épreuve commune aux deux options – U4.2</b> | <b>Page 9/10</b>    |

**ANNEXE 6 : à rendre avec la copie**

Numéro de candidats :

$F$  en N



Courbe de traction réalisée sur un fil de toron

Pour les calculs, nous considérerons que les éprouvettes utilisées pour les essais ont un diamètre de 5 mm et une longueur initiale  $L_0 = 25$  mm.

| BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR – TRAITEMENTS DES MATERIAUX |  |                                      |              |
|--|--|--------------------------------------|--------------|
| Durée : 2 heures   | Coefficient : 2                              | Sciences et Techniques Industrielles | Session 2007 |
| Code : TMSTI AB  | Sous-épreuve commune aux deux options – U4.2 |                                      | Page 10/10   |