

Résultats et discussions

Chapitre -III-

Résultats et discussions

Ce chapitre rassemble les résultats expérimentaux obtenus sur la tôle utilisée au chapitre précédent. Dans la première partie nous présentons les résultats de propriétés mécaniques obtenues par les essais mécaniques avec une analyse morphologique et chimique de l'état initial. La deuxième partie aborde des résultats de la déformation élastique ε_i obtenues par essais in-situ dans trois directions $0^\circ/\text{DL}$, $45^\circ/\text{DL}$ et $90^\circ/\text{DL}$.

III.1. INTRODUCTION

Tout procédé de fabrication introduit dans une pièce mécanique de concentration des contraintes résiduelles qui vont influencer son comportement en fatigue, en rupture et même en corrosion. Dans l'intérêt des applications industrielles, les concentrations des contraintes résiduelles et les hétérogénéités de déformation doivent être évitées afin d'augmenter la durée de vie des tôles destinées à la mise en forme.

OBSERVATION MICROSCOPIQUES

Les observations optiques, réalisées sur le plan de laminage et sur les tranches de la tôle, avaient trois objectifs :

- Evaluer une taille moyenne des grains ;
- Analyse de l'hétérogénéité des microstructures ;
- Observer la présence des précipités dans la microstructure.

La figure III.1 donne la microstructure de la tôle obtenue par microscopie optique, à l'état initial. Nous remarquons que les grains sont allongés dans la direction de laminage. Cette morphologie est généralement caractéristique des tôles minces laminées.

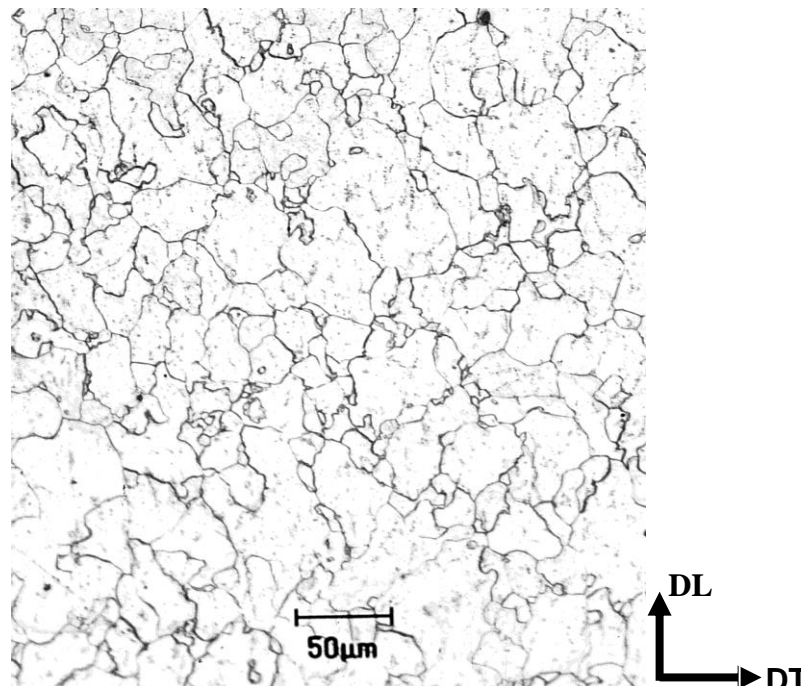


Figure III.1 : Microstructure de la tôle observée par microscopie optique.

Les tôles minces destinées à la mise en forme sont en général caractérisées par des grains allongés. Cette morphologie est due aux différentes étapes du cycle de fabrication de la tôle : laminage à chaud et à froid, recuit de recristallisation et croissance des grains. L'anisotropie de comportement plastique dépend de cette morphologie. C'est pourquoi, toute mise en forme par déformation complexe nécessite au préalable une analyse globale, qui permet de définir les caractéristiques structurales de la tôle en relation avec la géométrie de l'embouti.

III.2.2. Microscope électronique à balayage

Les observations en microscopie électronique à balayage avaient quatre objectifs :

- Observer les surfaces des échantillons;
- Observer, sur le plan de laminage et sur les tranches la forme et la distribution des grains,
- Observer les lignes des glissements;
- Observer la présence des bandes de déformation à l'échelle de grains.

La figure III.2 montre la surface de la tôle à l'état initial. On remarque que la surface est caractérisée par la présence des cavités et de précipités de carbure de fer. Cette morphologie peut conduire à une hétérogénéité de distribution des déformations et des contraintes internes durant la déformation élastoplastique. L'accroissement des taux de ces défauts peut conduire à un état instable et peut donner lieu à une fragilité durant la fabrication des pièces par mise en forme.

La présence des précipités incohérents dans la matrice est néfaste pour ce type d'acier, destiné à la mise en forme, car il réduit progressivement la capacité de déformation, il augmente la probabilité d'apparition des microfissures ou des amincissements locaux, rendant ainsi le taux de rupture important lors de la déformation par mise en forme.

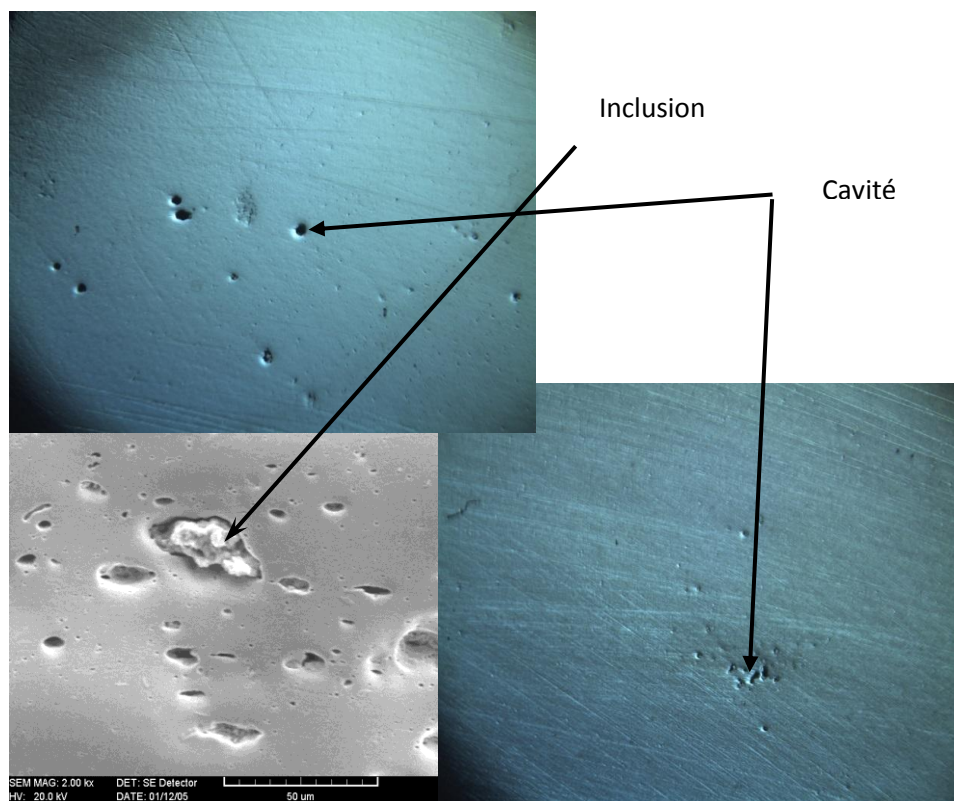


Figure III.2: Micrographies de la surface de la tôle local à l'état initial.

III.3. ANALYSE CHIMIQUE

Nous avons prélevé, sur la tôle considérée, une série de Cinq échantillon dans le plan de laminage. Les échantillons sont analysés par spectromètre Atlantis, à l'usine sidérurgique de Bellara el Milia W de Jijel figure III.2.

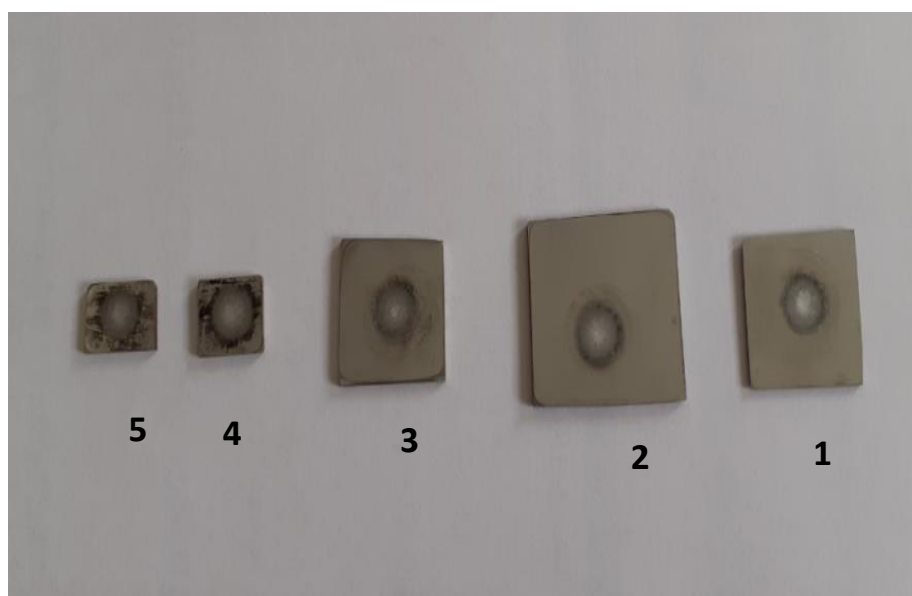


Figure III.3: Différents échantillons utilisés pour l'analyse chimique.

Chapitre III: Résultats et discussions

La détermination de la composition chimique des différents échantillons, permet de vérifier l'hétérogénéité chimique qui existe dans la tôle. Les résultats obtenus sont regroupés dans les tableaux .1 à 5.

III.3.1. Analyse chimique de l'échantillon 1



CERTIFICATE OF ANALYSIS

N°: _____ Date: 21/10/20

Ref. Alloy: _____ Operator: FENINECHE SLIMANE

Customer: 1

Order:

This is to certify that the goods

Goods:

Sample:
Cast:
Qt:

have this chemical analysis:

	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cr%	Mo%	Ni%	Al%
Report	0.057	0.024	0.307	0.012	0.011	0.011	0.000	0.006	0.078
Ref. MIN	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Ref. MAX	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	SA%	Cu%	V%	As%	B%	Bi%	Ca%	Ce%	Co%
Report	0.078	0.026	0.000	0.0000	0.0004	0.0020	0.0005	0.0010	0.0005
Ref. MIN	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Ref. MAX	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Nb%	Pb%	Sb%	Sn%	Ti%	W%	Zn%	Zr%	N%
Report	0.0000	0.0001	0.0045	0.0000	0.0011	0.001	0.0011	0.0008	0.0110
Ref. MIN	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Ref. MAX	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Fe%								
Report	99.372								
Ref. MIN	---								
Ref. MAX	---								

Notes :

Q.C. manager :

Tableau III.1. Composition chimique de l'échantillon 1

III.3.2. Analyse chimique de l'échantillon 2



CERTIFICATE OF ANALYSIS

N°: 2

Date: 21/10/20

Ref. Alloy:

Operator: FENINECHE SLIMANE

Customer:

Order:

This is to certify that the goods

Goods:

Sample:

Cast:

Qt:

have this chemical analysis:

	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cr%	Mo%	Ni%	Al%
Report	0.067	0.017	0.323	0.010	0.011	0.008	0.000	0.008	0.038
Ref. MIN	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Ref. MAX	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	SA%	Cu%	V%	As%	B%	Bi%	Ca%	Ce%	Co%
Report	0.041	0.021	0.000	0.0000	0.0003	0.0020	0.0002	0.0010	0.0009
Ref. MIN	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Ref. MAX	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	Nb%	Pb%	Sb%	Sn%	Ti%	W%	Zn%	Zr%	N%
Report	0.0000	0.0002	0.0035	0.0058	0.0009	0.000	0.0009	0.0003	0.0005
Ref. MIN	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Ref. MAX	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	Fe%
Report	99.433
Ref. MIN	---
Ref. MAX	---

Notes :

Q.C. manager :

Tableau III.2. Composition chimique de l'échantillon 2

III.3.3. Analyse chimique de l'échantillon 3



CERTIFICATE OF ANALYSIS

N°: 3

Date: 21/10/20

Ref. Alloy:

Operator: FENINECHE SLIMANE

Customer:

Order:

This is to certify that the goods

Goods:

Sample:
Cast:
Qt:

have this chemical analysis:

	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cr%	Mo%	Ni%	Al%
Report	0.063	0.019	0.350	0.010	0.013	0.009	0.000	0.008	0.050
Ref. MIN	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Ref. MAX	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	SA%	Cu%	V%	As%	B%	Bi%	Ca%	Ce%	Co%
Report	0.053	0.022	0.000	0.0000	0.0004	0.0020	0.0002	0.0010	0.0006
Ref. MIN	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Ref. MAX	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Nb%	Pb%	Sb%	Sn%	Ti%	W%	Zn%	Zr%	N%
Report	0.0000	0.0000	0.0039	0.0000	0.0009	0.000	0.0009	0.0000	0.0100
Ref. MIN	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Ref. MAX	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Fe%								
Report	99.387								
Ref. MIN	---								
Ref. MAX	---								

Notes :

Q.C. manager :

Tableau.III.3. Composition chimique de l'échantillon 3

III.3.4. Analyse chimique de l'échantillon 4



CERTIFICATE OF ANALYSIS

N°: 04

Date: 21/10/20

Ref. Alloy:

Operator: FENINECHE SLIMANE

Customer:

Order:

This is to certify that the goods

Goods:

Sample:
Cast:
Qt:

have this chemical analysis:

	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cr%	Mo%	Ni%	Al%
Report	0.044	0.005	0.224	0.000	0.017	0.009	0.000	0.013	0.034
Ref. MIN	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Ref. MAX	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	SA%	Cu%	V%	As%	B%	Bi%	Ca%	Ce%	Co%
Report	0.036	0.008	0.000	0.0000	0.0005	0.0020	0.0003	0.0010	0.0023
Ref. MIN	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Ref. MAX	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Nb%	Pb%	Sb%	Sn%	Ti%	W%	Zn%	Zr%	N%
Report	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0022	0.002	0.0006	0.0005	0.0109
Ref. MIN	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Ref. MAX	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Fe%								
Report	99.590								
Ref. MIN	---								
Ref. MAX	---								

Notes :

(Signature)

Q.C. manager :

Tableau.III.4. Composition chimique de l'échantillon 4

::III.3.5. Analyse chimique de l'échantillon 5



CERTIFICATE OF ANALYSIS

N°: 5

Date: 21/10/20

Ref. Alloy:

Operator: FENINECHE SLIMANIE

Customer:

Order:

This is to certify that the goods

Goods:

Sample:
Cast:
Qt:

have this chemical analysis:

	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cr%	Mo%	Ni%	Al%
Report	0.055	0.006	0.228	0.011	0.017	0.010	0.000	0.012	0.035
Ref. MIN	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Ref. MAX	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	SA%	Cu%	V%	As%	B%	Bi%	Ca%	Ce%	Co%
Report	0.037	0.011	0.000	0.0000	0.0006	0.0020	0.0094	0.0010	0.0023
Ref. MIN	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Ref. MAX	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	Nb%	Pb%	Sb%	Sn%	Ti%	W%	Zn%	Zr%	N%
Report	0.0000	0.0002	0.0018	0.0000	0.0023	0.004	0.0016	0.0009	0.0110
Ref. MIN	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Ref. MAX	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	Fe%
Report	99.543
Ref. MIN	---
Ref. MAX	---

Notes :

Q.C. manager :

Tableau.III.5. Composition chimique de l'échantillon 5

A partir des données des tableaux précédents, nous pouvons remarquer l'existence d'une distribution hétérogène des éléments chimiques dans la microstructure de la tôle. L'accroissement de cette hétérogénéité chimique conduit toujours à un état instable et peut donner lieu à une fragilité prématurée. Ce phénomène est néfaste pour ce type d'acier, destiné à la mise en forme, car il réduit progressivement la capacité de déformation et augmente la probabilité d'apparition de ségrégations et des inclusions, rendant ainsi le taux de rupture important lors de la déformation par mise en forme.

L'hétérogénéité chimique est généralement due aux conditions du cycle de fabrication. En effet c'est le contrôle de celui-ci, essentiellement la dernière étape (recuit d'homogénéisation chimique), qui donne au matériau les caractéristiques structurales adéquates pour sa mise en forme ultérieure. La distribution des éléments chimiques est liée à la température et au temps de maintien. Un traitement thermique bien contrôlé permet d'éviter l'hétérogénéité chimique, et d'obtenir une microstructure plus stable.

L'influence de la composition chimique est donc fondamentale dans une étude basée sur l'aptitude à la déformation par mise en forme de façon générale et, en particulier, pour une mise en forme à sollicitations multiples comme l'emboutissage.

III.4. COMPORTEMENT MECANIQUE EN DEFORMATION

III.4.1. Caractéristiques mécaniques

Les caractéristiques mécaniques d'une tôle permettent de connaître le comportement de celle-ci lors de sa mise en forme. Elles ont été mesurées par différents essais : dureté Vickers, et essai de traction.

Les caractéristiques mécaniques de la tôle, dureté VICKERS, limite élastique, résistance à la traction et allongement à la rupture sont regroupées dans le tableau III.6

Tôle	HV (Kg /mm ²)	Re (MPa)	R _{max} (MPa)	A%
Aciers doux	140.24 ± 1.08	≈ 230 .07	≈ 318.84	≈ 36.75

Tableau III.6: Caractéristiques mécaniques de la tôle.

Industriellement, une tôle d'acier doux retenue pour la mise en forme, si ses caractéristiques de ductilité et de résistances sont :

- Un allongement à la rupture supérieur à 25%.
- Une résistance maximale appartenant au domaine (270 à 350 MPa).

- Une limite élastique $Re \approx 220\text{MPa}$.

A partir des données du tableau précédent, nous pouvons voir que la tôle possède une bonne aptitude à la déformation par mise en forme.

III.5. MISE EN EVIDENCE DE L'ANISOTROPIE DE COMPORTEMENT ELASTIQUE

III.5.1. Echantillonnage

Nous avons prélevé, sur la tôle considérée, une série de trois éprouvettes de traction, à différents angles α de la direction de laminage, de 0° , 45° et 90° . Le positionnement de l'éprouvette prélevée sur la tôle est schématisé sur la figure III.4. Les éprouvettes ont été tractionnées par plusieurs charges faibles dans le domaine élastiques. Les échantillons utilisés sont découpés à partir d'une tôle de longueur 105cm et de largeur 100cm.

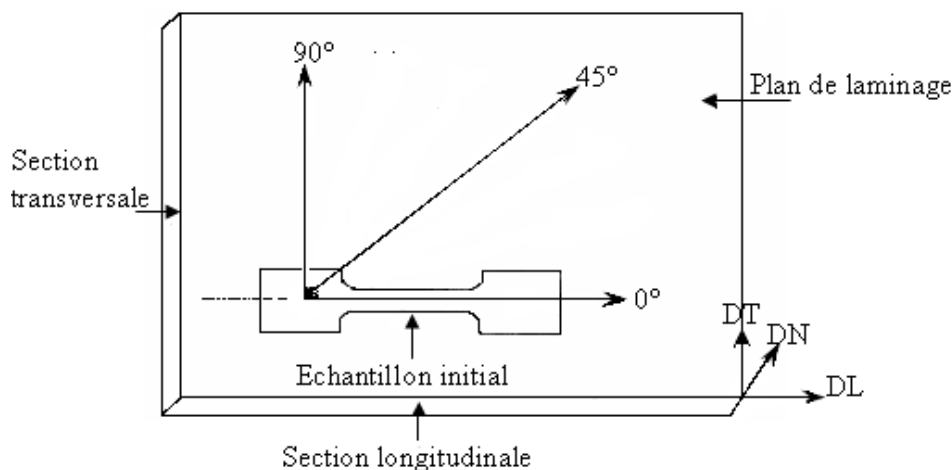


Figure III.4. Eprouvette de traction sollicitée dans une direction $\alpha(^\circ)$

III.6. MESURE DES DEFORMATIONS ELASTIQUES PAR ESSAI IN-SITU

L'essai in-situ a été effectué avec une jauge extenso-métrique collée sur l'éprouvette à l'endroit où l'on veut mesurer les déformations (mesure locale). La déformation est effectuée par une machine de traction manuel figure II.10. Les valeurs des charges utilisées sont mesurées par un capteur de force relié avec la machine de traction. Les valeurs de charge utilisées en (Kg) sont: 30, 50, 70, 90, et 110. Pour compléter cette analyse, nous avons modélisé le comportement élastique dans trois directions $0^\circ/\text{DL}$, $45^\circ/\text{DL}$ et $90^\circ/\text{DL}$. Les relations mathématiques avec les intervalles des confidences sont présentées dans les figures III.5 à III.7

III. 6.1. Mesure de la déformation élastique par capteur de force

III.6.1.1. Evolution de la déformation élastique obtenue par capteur de force dans la direction 0°/DL

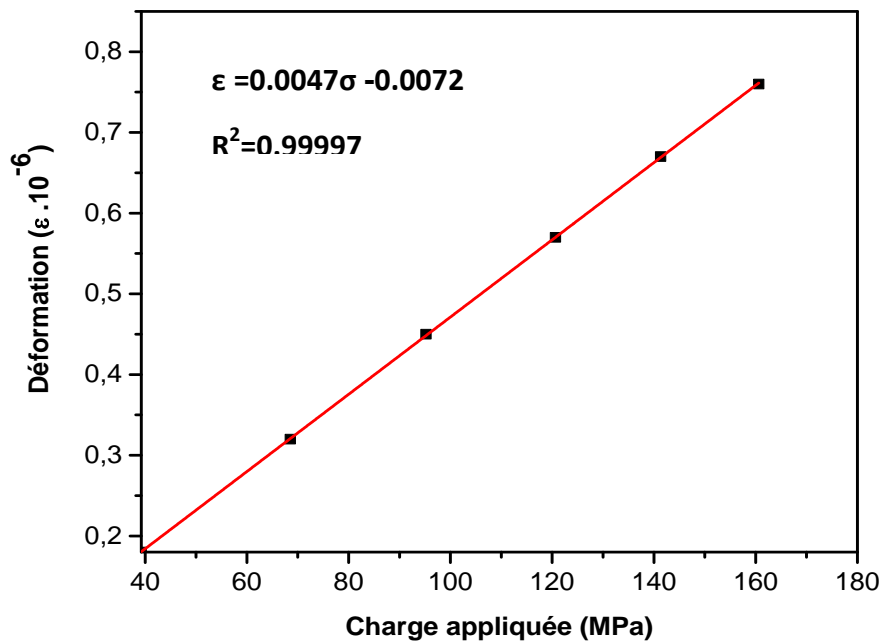


Figure. III.5. Evolution de la déformation élastique en fonction des charges appliquées dans la direction DL.

III.6.1.2. Evolution de la déformation élastique obtenue par capteur de force dans la direction 45°/DL

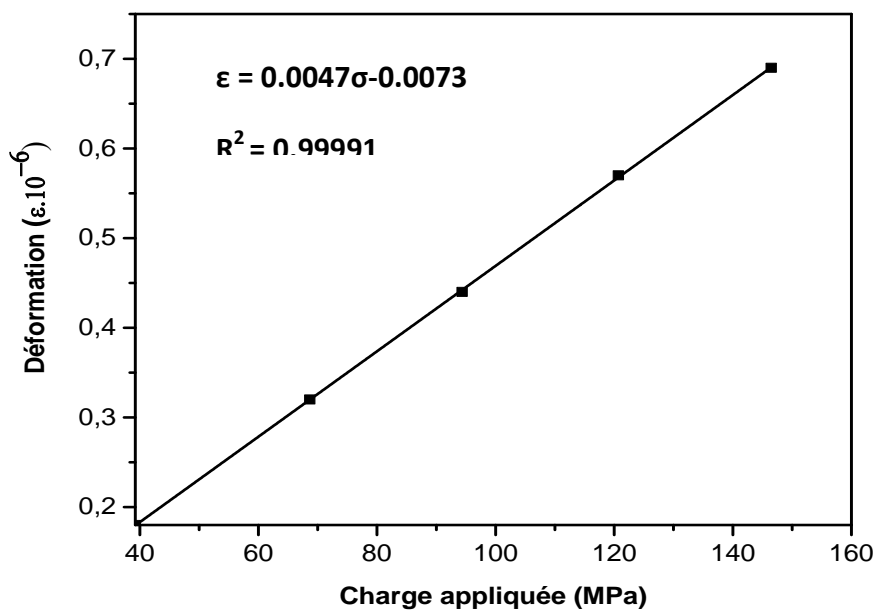


Figure III.6. Evolution de la déformation élastique en fonction des charges appliquées dans la direction 45°/DL.

III.6.1.3. Evolution de la déformation élastique obtenue par capteur de force dans la direction 90°/DL

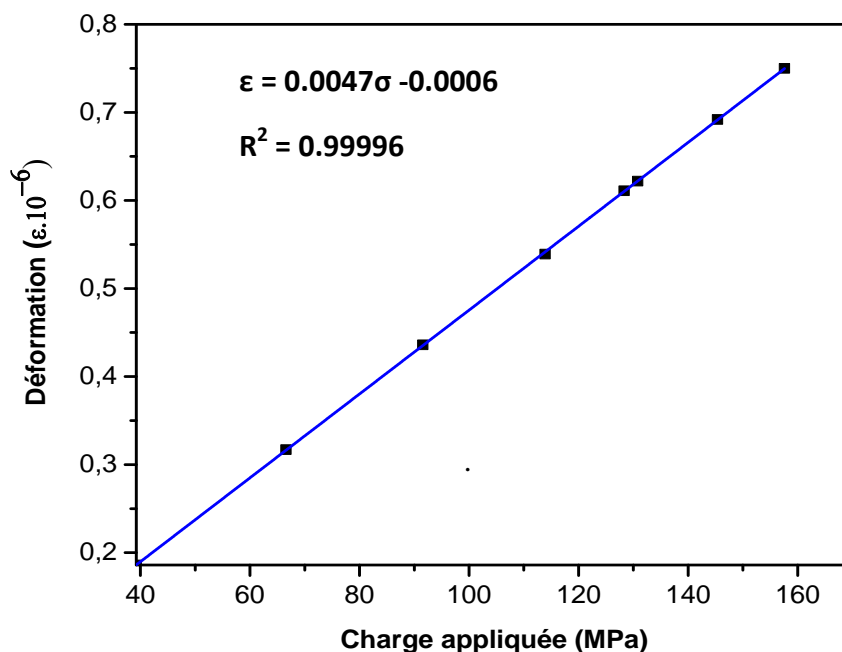


Figure. III.7. Evolution de la déformation élastiques dans la direction 90°/DL.

A partir des figures précédentes, nous pouvons remarquer que :

- La déformation élastique est de l'ordre de 10^{-6} , donc, la déformation est à l'échelle de grains,
- La déformation élastique varie de façon notable dans le plan de la tôle,
- La présence des relations linéaires entre la charge appliquée et la déformation élastique créée dans les trois directions 0°/DL, 45°/DL et 90°/DL, avec des intervalles de confiance bien précis.

Pour mettre en évidence l'hétérogénéité du comportement élastique dans le plan de la tôle, nous avons tracé l'évolution de la déformation élastique dans les trois directions en fonction des charges appliquées figure III.8.

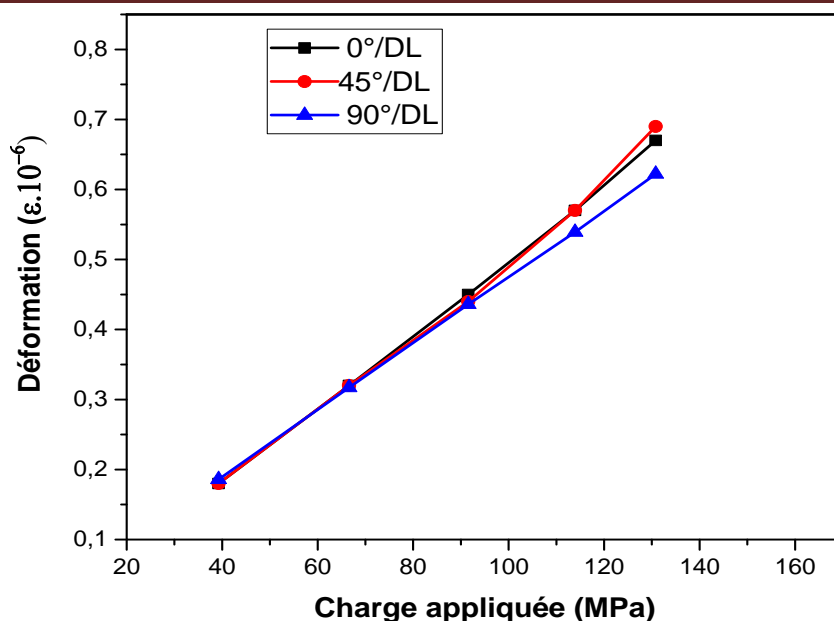


Figure III.8. Evolution de la déformation élastique ε_i obtenue par capteur de force dans le plan de la tôle.

On peut constater que la répartition de la déformation élastique est hétérogène pour les différentes directions de mesure 0°/DL, 45°/DL et 90°/DL. Ce qui peut expliquer que la tôle ne va pas causer la dissipation élastique de façon homogène dans le plan de la tôle.

III. 6.2. Mesure de la déformation élastique par extensomètre

III.6.2.1. Evolution de la déformation élastique obtenue par extensomètre dans la direction 0°/DL

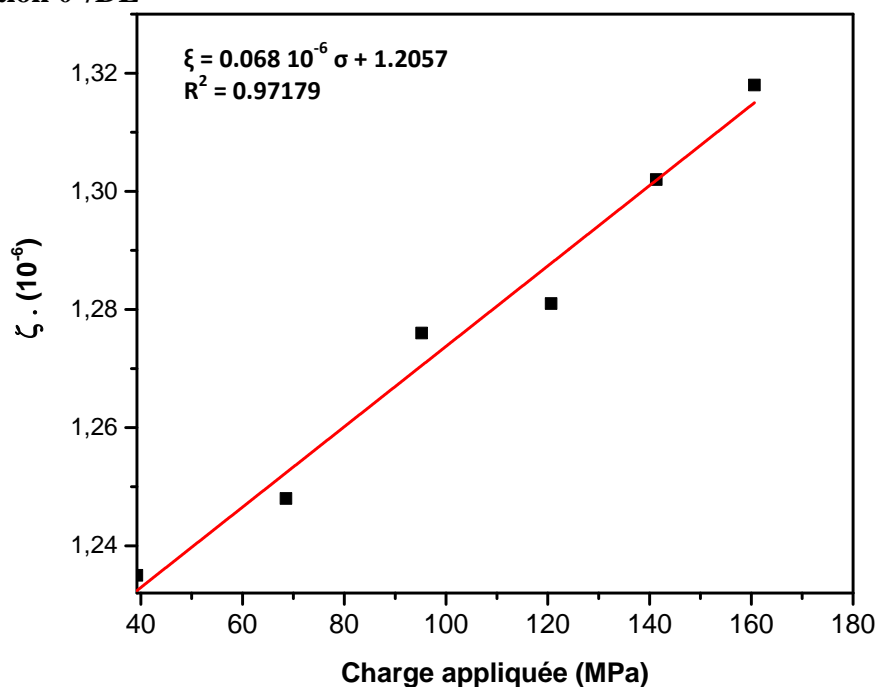


Figure. III.9. Evolution de la déformation élastique en fonction des charges appliquées dans la direction 0°/DL.

III.6.2.2. Evolution de la déformation élastique obtenue par extensomètre dans la direction 45°/DL

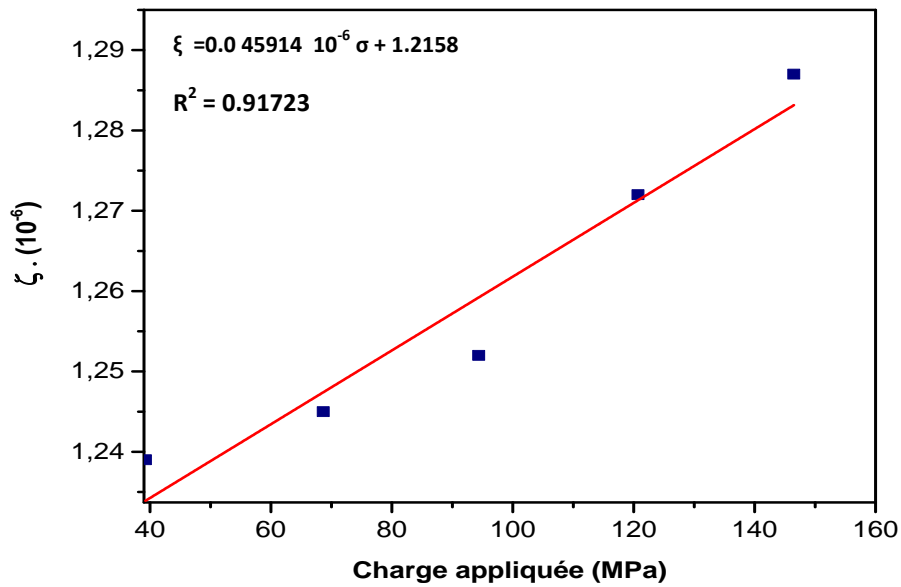


Figure. III.10. Evolution de la déformation élastique en fonction des charges appliquées dans la direction 45°/DL.

III.6.2.3. Evolution de la déformation élastique obtenue par extensomètre dans la direction 90°/DL.

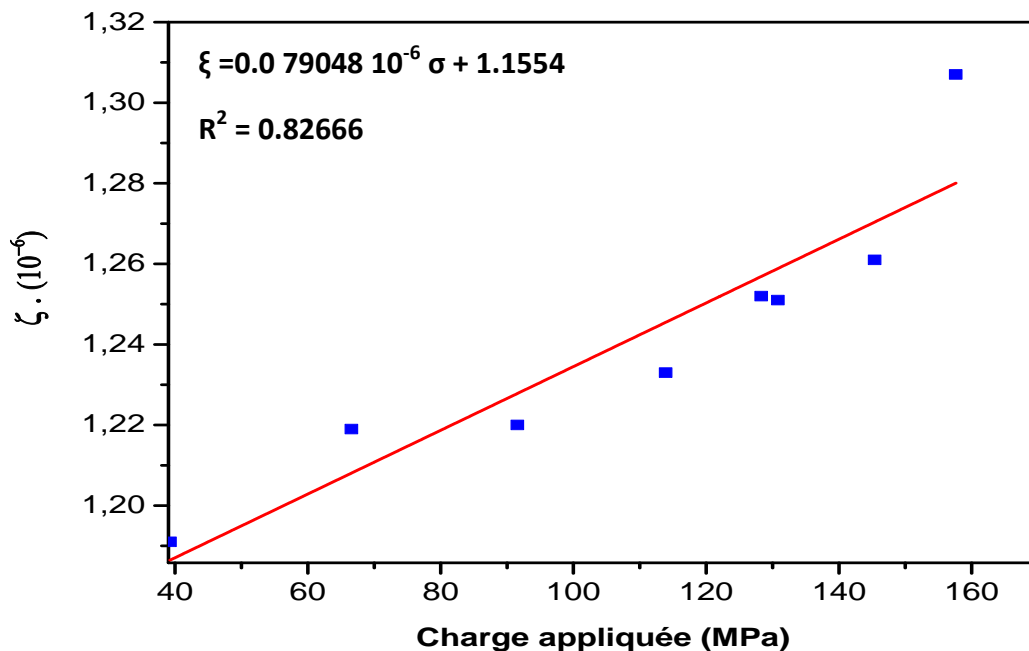


Figure. III.11. Evolution de la déformation élastique en fonction des charges appliquées dans la direction 45°/DL.

III.6.2.4. Evolution de la déformation élastique obtenue par extensomètre dans le plan de la tôle.

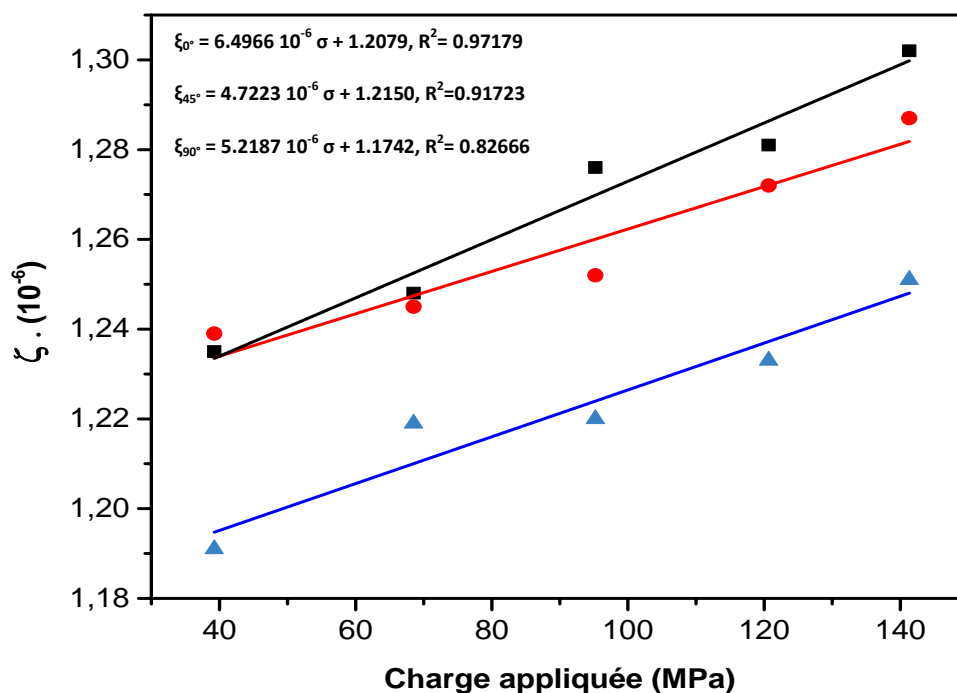


Figure III.12. Evolution de la déformation élastique ε_i obtenue par extensomètre dans le plan de la tôle.

Les figures III.9 à III.12 donnent les courbes d'évolution de la déformation élastique obtenue par l'extensomètre dans le plan de la tôle pour les différentes charges appliquées. On remarque que les courbes d'évolution restent parallèles entre elles, c'est-à-dire que le taux d'écroutissement $d\varepsilon/d\sigma$ varie de la même manière dans le plan de la tôle. La courbe à $\alpha = 0^\circ/\text{DL}$ présente une déformation plus élevée par rapport aux autres courbes de déformation à $45^\circ/\text{DL}$ et $90^\circ/\text{DL}$.

Plusieurs causes peuvent être à l'origine de l'anisotropie de comportement élastoplastique des tôles minces. Parmi les différents paramètres, nous avons considéré l'existence d'une anisotropie morphologique et d'une texture cristallographique. En effet, il est bien établi actuellement que l'anisotropie de comportement élastoplastique dans le plan de la tôle est directement liée à la texture cristallographique. Une texture non adéquate crée des problèmes au cours de la mise en forme, tels que des cornes d'emboutissage, des fissurations et des amincissements locaux. Il faut noter que l'obtention de la bonne texture cristallographique dépend du contrôle de la texture initiale, tant cristallographique que morphologique, et de la distribution des précipités.

CONCLUSIONS
GENERAL

CONCLUSIONS GENERAL

Nous nous sommes intéressés dans ce travail au problème d'emboutissabilité des tôles minces destinées à la mise en forme. La tôle que nous avons considérées dans ce travail a été fournie par la société nationale de constructions de moteurs et tracteurs (E.N.P.M.A. de Oued Hmimin –Khroub). Cette tôle de production locale, a été utilisée pour remplacer la tôle importée de l'Allemagne. Nous avons considéré le comportement mécanique de la tôle en fonction des paramètres microstructuraux.

◆- L'analyse chimique a montré que la tôle est caractérisée par une hétérogénéité chimique. Cette hétérogénéité est néfaste pour ce type d'acier, destiné à la mise en forme, car il réduit progressivement la capacité de déformation et augmente la probabilité d'apparition de précipitations et des inclusions, rendant ainsi le taux de rupture important lors de la déformation par mise en forme.

◆- L'analyse par les essais conventionnels a montré que la tôle présente une meilleure aptitude à la déformation, puisque l'allongement de cette tôle reste toujours plus important et la résistance à la déformation reste toujours plus faible. La détermination de la micro-dureté Vickers, met en évidence que celle-ci présente une bonne aptitude à la déformation plastique.

◆- L'analyse par les essais in-situ a montré que les déformations élastiques obtenues par le capteur de force et la jauge extenso-métrique dans le plan de la tôle sont similaires; les courbes d'évolution restent parallèles entre elles, c'est-à-dire que le taux d'écrouissage $d\varepsilon/d\sigma$ varie se forme linéaire dans le plan de la tôle. La courbe à $\alpha = 0^\circ/DL$ présente une déformation plus élevée par rapport aux autres courbes de déformation à $45^\circ/DL$ et $90^\circ/DL$ avec un intervalle de confiance bien précis.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- [1] D. Raoult, « Mise en forme des Métaux et des alliages », Edition du CNRS, P 297, (1975).
- [2] G. Pomey, « Aptitude à l'emboutissage des tôles minces », Techniques de l'Ingénieur, 3, p696, (1970)
- [3] D. Raoult, « Mise en forme des Métaux et des alliages », Edition du CNRS, P 297, (1975).
- [4] F. Yala, thèse de Docteur en Sciences, Université de Paris-Sud Orsay (1991).
- [5] M. Pernot, Thèse de Doctorat ès Sciences Physiques, Université de Paris-Sud, Orsay (1977).
- [6] P. Parnière, Thèse de Docteur ès Sciences Physiques, Université de Paris-Sud, Orsay (1978).
- [7] B. Jaoul, « Etude de la plasticité et application aux métaux », Dunod Ed. Paris, (1965)
- [8] Collectif, « Déformation plastique des métaux et alliages », Ecole d'Eté, Masson et Cie Editeur,(1968).
- [9] A. Boumaiza, thèse de Magister en Physique du Solide, option Métallurgie Structurale, Université de Constantine, (1995).
- [10] J. Fouquet, « Structures d'écroutissage et propriétés mécaniques » dans le 2^{ème} Colloque Mécanique et Métallurgie de Tarbes sur les propriétés Mécaniques et Physiques des matériaux en relation avec les techniques de déformation, (1974).
- [11] R.D. Karlyn, R.W. Wieth et J.L. Forand, « Mise en forme des Métaux et des Alliages », Edition CNRS, P, 339 (1975).
- [12] G. Pomey, « Tôles pour l'emboutissage », Techniques de l'Ingénieur V1, P.696 , (1978).
- [13] C. Bathias, J-P, Bellon, « La fatigue des métaux et structure », 2^{ème} édition revue et augmentée, (1997).
- [14] J.C. Clez, Thèse de Docteur, Institut Nationale polytechnique de Grenoble et Ecole des Mines de St Etienne, (2002).
- [15] C. Cabus, thèse de docteur, spécialité Mécanique option matériau, Université Paris XIII, (2005).
- [16] Cano V., Instabilités et rupture dans les solides élastoviscoplastiques, Thèse de doctorat, Université Paris 6, (1996).
- [17] C. Peyrac, thèse de docteur en Sciences, Université de Paris-Sud, Orsay (1988).

- [18] P. Dervin, Thèse de docteur ingénieur, Université de Paris-Sud, Orsay (1978).
- [19] A. Pineau, A. Zaoui, Comportement mécanique des matériaux. Editions HERMES (1995)
- [20] J.L. Lebrun, V. Ji, Handbook of measurement of residual stresses. Society for Experimental Mechanical Inc., USA, The Fairmont Press Inc, Liburn, GA, (1996), p, 110.
- [21] L. P. Moreira, G. Ferron. Influence of the plasticity model in sheet metal forming simulations. Journal of Materials Processing Technology, Volumes 155-156 (2004) 1596–1603
- [22] P. Coulomb, « Les Textures dans les Métaux et Alliages de réseau Cubique », Dunod-Paris (1978).
- [23] V. Ji, Y.G. Zhang, C. Q. Chen, Surface and Coatings Technology 130 (2000), p, 95.
- [24] A. Boumaiza, thèse de doctorat en Physique du Solide, option Métallurgie Structurale, Université de Constantine, (2008).
- [25] A. Ayad . Thèse de doctorat en physique du solide Université de Constantine 1, (2012).
- [26] A. Boumaiza, V. Ji, N. Rouag. The nondestructive estimation of mechanical properties of a carbon steel by X-ray diffraction peak broadening. J. Test. Eval. Vol. 37, No.4) (2009)
- [27] M. Bouras, A. Boumaiza, J. Vincent. XRD peak broadening characterization of deformed microstructures and heterogenous behavior of carbon steel. Theoretical and applied fracture mechanics 61(2012) 51-56 Science Direct.
- [28] A. Boumaiza, Y. Neghar, N. Rouag; Evolution of orientations in a soft steel single crystal during tensile test. 12^{ème} congrès de mécanique Casablanca Maroc 2015.
- [29] A. Boumaiza, Y. Neghar, N. Rouag; Characterization of plastic strain of mild steel by XRD peak broadening. 12^{ème} congrès de mécanique Casablanca Maroc 2015.
- [30] S. AZZAZ , Thèse de doctorat en physique : option matériaux métalliques université badji mokhtar annaba 2009.

Résumé

Nous nous sommes intéressés, dans ce travail, à l'étude du comportement mécanique locale d'un acier doux destiné à la mise en forme. Le problème industriel est lié à l'apparition des amincissements locaux dans la tôle durant la fabrication des pièces mécaniques. Nous avons considéré l'évolution en déformation des caractéristiques microstructurales, dans le plan de la tôle. L'analyse chimique a montré que la tôle est caractérisée par une hétérogénéité chimique. Cette hétérogénéité peut conduire à un état instable et peut donner lieu à une fragilité prématurée. Ce phénomène est néfaste pour ce type d'acier, destiné à la mise en forme, car il réduit progressivement la capacité de déformation et augmente la probabilité d'apparition de ségrégations et des inclusions, rendant ainsi le taux de rupture important lors de la déformation par mise en forme. L'analyse par les essais in-situ a montré que les courbes de la déformation élastique obtenue par le capteur de force et la jauge extenso-métrique dans le plan de la tôle sont similaires; les courbes d'évolution restent parallèles entre elles, c'est-à-dire que le taux d'écroutissage $d\varepsilon/d\sigma$ varie de façon linéaire dans le plan de la tôle. La courbe à $\alpha = 0^\circ/\text{DL}$ présente une déformation plus élevée par rapport aux autres courbes de déformation à $45^\circ/\text{DL}$ et $90^\circ/\text{DL}$ avec un intervalle de confiance bien précis.

Mots clés: Déformation élastique; Hétérogénéité chimique, Morphologie des grains Précipité; Anisotropie; Essais in-situ.