

Tréfilage d'un acier, relier les observations microscopiques au comportement mécanique



Etudiants :

Bilal Habbani

Minyao Xie

Edouard Jamet

Marie Housset

Enseignant-responsable du projet :

Amandine DUCHAUSSOY

Cette page est laissée intentionnellement vierge.

Date de remise du rapport : **17/06/2023**

Référence du projet : **STPI/P6/2023 – 010**

Intitulé du projet : ***Tréfilage d'un acier, relier les observations microscopiques au comportement mécanique.***

Type de projet : ***Expérimental et bibliographique***

Objectifs du projet : L'objectif principal de ce projet est de comprendre comment la modification de la microstructure d'un matériau tel que la fonte influence les propriétés mécaniques. Ce projet a également pour but de nous faire prendre en main des machines que l'on peut retrouver en industrie telles qu'une tréfileuse, une appointeuse, une enrobeuse, un microduromètre ou encore une machine de traction. Pour finir, ce projet a aussi pour objectifs de développer notre esprit d'équipe, notre organisation, des compétences d'analyses et d'observations ainsi que des compétences techniques en sciences des matériaux.

Mots-clefs du projet : *Fonte, tréfilage, microstructure, propriétés mécaniques.*

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier l'ensemble des personnes qui ont participé au bon déroulement de notre projet.

Tout d'abord, nous souhaitons remercier Dr. Duchaussoy, notre responsable de projet qui nous a accompagnés et conseillés tout au long de ce projet et qui nous a permis de saisir les divers aspects théoriques et pratiques du sujet ainsi que de découvrir l'usage de différentes machines.

Ensuite, nous adressons nos remerciements à Dr. Guillet qui s'est rendu disponible pour nous donner des explications supplémentaires avisées.

Pour continuer, nous tenons à remercier le laboratoire de Groupe de physique des matériaux (GPM) pour nous avoir permis d'effectuer du tréfilage et réaliser des observations au microscope électronique à balayage.

De la même manière, nous remercions nos camarades du projet de physique n°9, mené en parallèle du nôtre, pour l'entraide apportée.

Pour finir, nous terminons en remerciant l'INSA de Rouen Normandie pour nous avoir permis de réaliser ce projet de physique.

TABLE DES MATIERES

Introduction.....	6
Organisation du travail.....	7
I. Etat de l'art.....	8
1.1. Histoire et quelques utilisations de la fonte.....	8
1.2. Microstructure.....	8
1.3. Propriétés mécaniques.....	9
II. Méthodologie et instruments utilisés.....	10
2.1. Tréfilage.....	10
2.2. Préparation des échantillons.....	11
2.3. Observations microscopiques.....	12
2.4. Essais mécaniques.....	13
2.4.1. Essais de dureté de Vickers.....	13
2.4.2. Essais de traction.....	14
III. Résultats.....	17
3.1. Résultats expérimentaux.....	17
3.1.1. Analyse des observations microscopiques.....	17
3.1.2. Résultats de l'essai de dureté de Vickers.....	18
3.1.3. Exploitation des données et résultats de l'essai de traction.....	18
3.2. Discussion des résultats.....	19
Conclusions et perspectives.....	20
Bibliographie.....	21

INTRODUCTION

Afin de nous préparer au métier d'ingénieurs, nous avons eu l'opportunité durant le quatrième semestre du cycle préparatoire STPI de prendre part à un projet physique, ayant pour but de nous former à une des missions composant le métier d'ingénieur : les projets. Ainsi, ce travail réalisé durant tout un semestre a pour but de nous introduire à l'organisation et la gestion d'un projet, en plus de connaissances scientifiques et techniques.

Nous destinant, pour la plupart, à un département dans lequel la mécanique est centrale (Génie civil, Génie mécanique) nous avons choisi ce sujet, qui, en plus de particulièrement nous intéresser nous apportera des notions utiles pour notre parcours scientifique. Ainsi, l'étude d'un matériau développera nos connaissances sur des domaines tels que la physique et la mécanique des matériaux.

Ainsi, nous espérons durant ce projet découvrir de quoi est composé un alliage de métal tel que la fonte, apprendre les différentes manières d'observer la microstructure et de faire le lien avec les propriétés mécaniques. De plus, nous espérons aussi améliorer nos compétences de gestion de projet qui implique une organisation du travail en équipe, des méthodologies d'études et de recherches ainsi que la présentation des résultats obtenues par un rapport et une présentation orale

ORGANISATION DU TRAVAIL

Avant de rentrer dans les détails de notre étude, revenons dans un premier temps sur l'organisation mise en place quant au déroulement de ce projet.

Afin de mener ce projet à bien, nous avons découpé les séances par thèmes. L'ensemble des séances, qu'elles soient expérimentales ou rédactionnelles, se sont passées en salle de TP mécanique et ont été complétées par le travail personnel de chacun. Les premières séances étaient des séances de découverte et d'appréhension du sujet par le biais de documentation. Nous y avons notamment appris les bases de la composition des alliages métalliques et découvert le fonctionnement des machines de caractérisation. Après une mise en commun des recherches, nous avons par la suite déterminé un plan d'expérience à suivre permettant d'étudier la microstructure de la fonte. Nous avons décidé d'étudier dans un premier temps la fonte brute de différentes manières : au microscope, après l'avoir préalablement polie, puis par des essais de traction et de dureté. Puis après avoir tréfilé un échantillon de fonte, nous avons effectué ces mêmes expériences afin de pouvoir comparer les deux états.

Nous nous sommes répartis sur les différentes machines tout au long des séances. De plus, afin d'assurer une bonne communication entre les membres du groupe nous avons créé un groupe Messenger pour pouvoir échanger et suivre nos avancées à distance ainsi qu'un Google Drive afin de rassembler nos avancées respectives. Pour finir, en fin de projet nous nous sommes réparti les tâches entre la rédaction du rapport, la réalisation du poster et la réalisation du diaporama pour la soutenance orale.

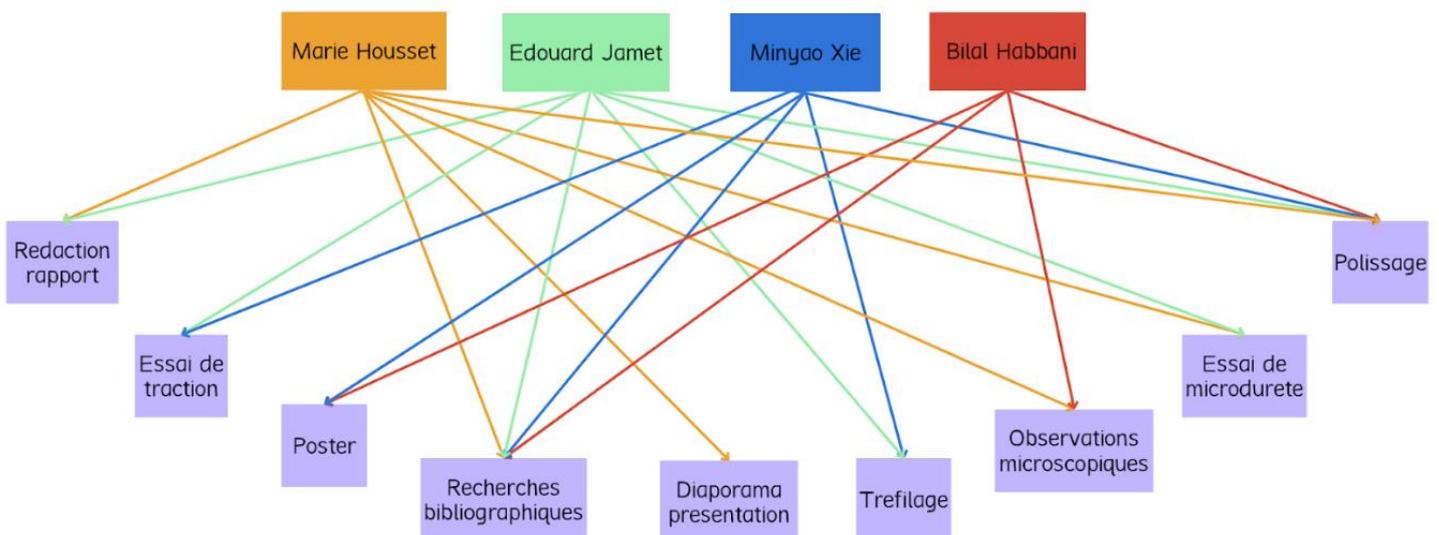


Figure 1 : Organigramme des tâches réalisées

I - ETAT DE L'ART

1.1- Historique et quelques utilisations de la fonte

La fonte est composée de fer et de carbone, afin d'allier les deux, un haut fourneau est utilisé. Cette méthode consiste à mettre en contact du charbon de bois avec du fer liquide, ce qui permet d'obtenir du carbone dans le fer.

La fonte est apparue pour la première fois en Chine au Ve siècle avant J.-C., mais son utilisation ne s'est répandue en Europe qu'au Moyen-Âge. Après l'introduction de la fonte en Europe, sa production a considérablement augmenté. Les progrès technologiques et industriels ont permis de produire de la fonte à grande échelle, ce qui a entraîné une augmentation exponentielle de sa production au cours des siècles.

D'abord utilisée pour fabriquer des outils agricoles tels que des houes et des charrues, elle a ensuite servi à la fabrication des armes et des armures militaires. Au fil du temps, la fonte a été utilisée pour d'autres applications telles que la fabrication de canons, de cloches et de pièces de machines.

C'est aujourd'hui un matériau très courant qui possède des propriétés uniques et avantageuses. Notamment sa résistance à la corrosion et à l'usure, elle est également facile à couler et à usiner, elle a une bonne résistance à la chaleur et à la pression et elle peut être fabriquée dans une large gamme de formes et de tailles. Des limitations en termes de propriétés mécaniques ont tout de même conduit à la recherche d'un matériau plus résistant, à savoir la fonte, qui est aussi un alliage de fer et de carbone mais avec une teneur en carbone inférieure à la fonte.

1.2- Microstructure

Les atomes des alliages métalliques sont organisés en un motif géométrique qui se répète dans les trois dimensions de l'espace de manière périodique et permet d'obtenir un solide cristallin. On appelle maille élémentaire le plus petit motif d'éléments du cristal qui se répète sur un réseau cristallin. Dans cette étude nous étudions principalement le fer qui possède une maille élémentaire cubique centrée ou cubique à faces centrées.

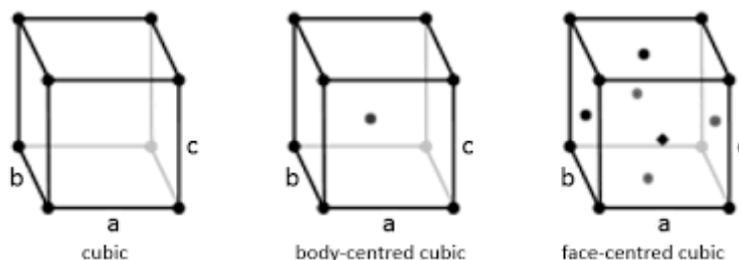


Figure 2 : Schéma de réseaux cristallins

En plus du fer, la fonte est donc composée de carbone, la variation du taux de carbone définit l'alliage : la fonte est composée de 2 à 4% de carbone tandis que l'acier n'en possède pas plus de 2%. Le carbone contenu dans la fonte forme une phase : le graphite, et se manifeste par des grains insérés dans la structure cristalline du fer.

Idéalement, la structure cristalline est parfaite dans l'ensemble du matériau, c'est-à-dire que le réseau cristallin est isotrope. Cependant, en réalité, le matériau présente des défauts cristallins avec notamment la présence de joints de grains. Lorsque le matériau cristallise, celui-ci ne se solidifie pas uniformément, plusieurs zones dans le matériau se solidifient simultanément (germination) avec des orientations cristallographiques différentes. Lorsque plusieurs zones solidifiées se rencontrent, celles-ci forment un défaut, le joint de grain. Ici on trouve également des joints de phases, séparation entre la phase graphite et la matrice de fer.

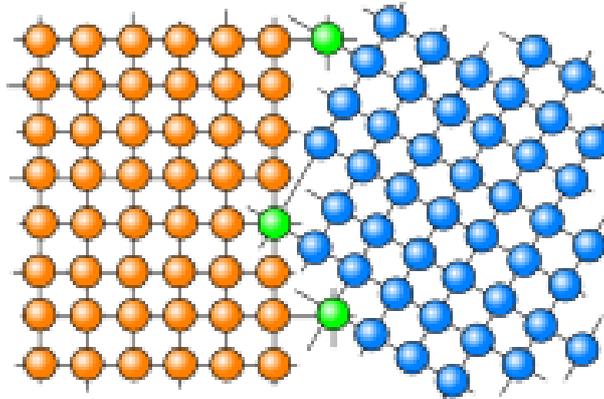


Figure 3 : Joint de grains

1.3- Propriétés mécaniques

En ce qui concerne les propriétés mécaniques d'un matériau, celles-ci peuvent être déterminées grâce à de nombreuses valeurs décrivant le comportement du matériau selon une contrainte donnée.

Parmi celles-ci, nous retrouvons la rigidité qui s'exprime avec le module d'Young E (GPa), elle est le lien entre une contrainte appliquée et la réponse en déformation élastique. L'élasticité d'un matériau est liée à ses liaisons atomiques ou moléculaires. Si la liaison est forte, le matériau ne se déformera pas facilement et le module d'Young sera plus important. En revanche, une liaison faible implique une déformation élastique facile et un module d'Young moins important.

Une fois le domaine élastique terminé, avec une contrainte qui continue de croître, le matériau va alors se déformer plastiquement, entraînant alors des déformations irréversibles. La limite entre le domaine élastique et plastique s'appelle la limite d'élasticité. Vient ensuite la contrainte à rupture, étant la valeur de contrainte à laquelle le matériau rompt. Ces dernières valeurs s'expriment en MPa.

Une autre grandeur utile est la ductilité. Celle-ci représente la capacité d'un matériau à se déformer plastiquement sans rompre. Un matériau qui n'est pas ductile est donc fragile. Lorsque l'on étudie la détérioration d'un matériau, on peut utiliser la ténacité, représentant la capacité du matériau à absorber l'énergie avant sa rupture, dont l'unité est le $MPa^{1/2}$.

II. Méthodologie instruments utilisés

2.1- Tréfilage

Le tréfilage est un procédé de transformation connu et répandu depuis la haute antiquité qui permet de réduire le diamètre de fils/barres métalliques par traction mécanique afin de diminuer leur section. Cette méthode est rendue possible sur les métaux dont la déformation plastique est suffisante. De nos jours, le tréfilage de l'acier occupe une place plus qu'importante dans les industries de première transformation.

Ce procédé est simple et peut se dérouler à froid ou à chaud. Il consiste dans un premier temps à réduire l'extrémité du fil à l'aide d'une appointeuse.

Son utilisation est simple : Après avoir allumé la machine, il suffit de passer le fil dans un calibre adapté jusqu'à obtenir le diamètre souhaité, le tout en veillant à ne pas le déformer ni l'abîmer. Cela permet de créer une pointe qui pourra être attrapée par les mors de la tréfileuse.

A la suite de cela, le fil peut désormais passer à travers une filière que l'on positionne au sein de la tréfileuse et dont le diamètre est plus grand à l'entrée qu'à la sortie, ce qui induit une réduction du diamètre de la barre lors de la traction exercée.



Figure 4 : Filière de tréfilage

Par la suite, le protocole à suivre est le suivant :

- Maintenir le bout du matériau grâce au mors
- Recouvrir partiellement le fil à la base de la filière de lubrifiant en poudre
- Fermer le boîtier de sécurité
- Appuyer sur le bouton vert afin de mettre en marche la machine
- Actionner la manette délicatement pour démarrer le tréfilage

L'ajout de lubrifiant en poudre permet de diminuer le coefficient de friction, ce qui permet d'éviter l'échauffement ainsi que le risque de casse.

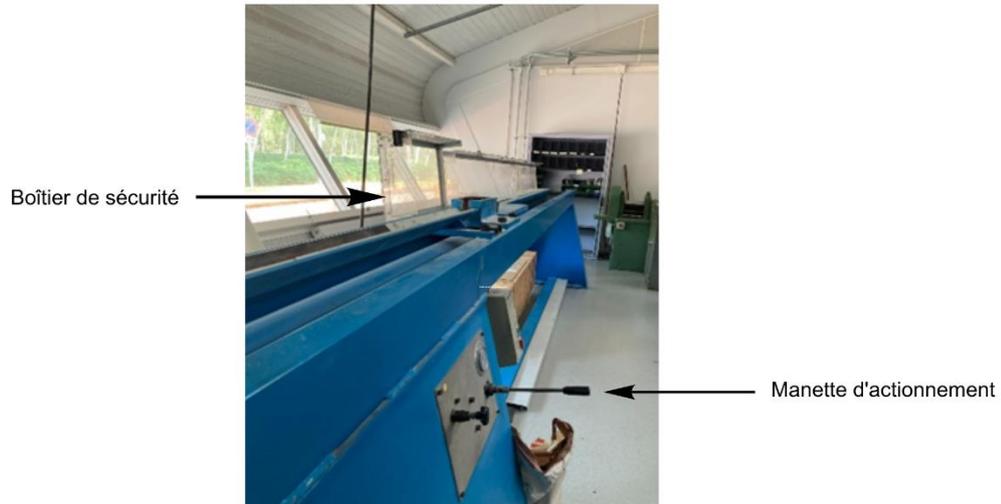


Figure 5 : Tréfileuse

2.2- Préparation des échantillons

Afin d'observer l'influence de cette déformation sur la microstructure nous avons d'abord préparé l'état de surface de nos échantillons pour pouvoir ensuite effectuer des observations microscopiques. Pour préparer nos échantillons, nous avons à notre disposition des morceaux cylindriques de fonte que nous coupons pour ne garder qu'un bout, de longueur suffisante pour être exploitable selon l'usage souhaité. En effet, on gardera une longueur plus conséquente en cas de tréfilage, tandis que la longueur sera moindre si l'on souhaite simplement observer la microstructure du matériau.

Afin de pouvoir réaliser une observation microscopique du matériau, l'état de surface du matériau doit être lisse, il est donc intéressant d'enrober les échantillons dans un premier temps afin de pouvoir aisément polir des petites pièces.

Le protocole à suivre est le suivant :

- Mettre l'échantillon sur la plateforme
- Appuyer sur "RAM" afin de faire descendre la plateforme jusqu'à atteindre 69 PSI
- Placer l'entonnoir et recouvrir l'échantillon de bakélite
- Placer le couvercle et tourner en suivant la ligne jaune afin de bloquer la position
- Les paramètres entrés doivent être 180°C / 4200 PSI / 8 minutes
- Vérifier que le refroidissement est en mode automatique
- Appuyer sur "RUN"
- Lorsque la led "complete" est allumé, appuyer sur la flèche du haut du "RAM" afin de remonter le piston
- Pousser le couvercle lorsqu'il est remonté
- Réappuyer sur la flèche du haut du "RAM"
- Récupérer l'échantillon
- Nettoyer le bord du piston



Figure 6 : Enrobeuse

Une fois l'enrobage terminé et l'échantillon récupéré, il est désormais nécessaire de le polir afin d'obtenir un état de surface de qualité. Pour ce faire, nous procédons au polissage de notre matériau.

Le polissage consiste à mettre en contact un matériau avec du papier à grains (SIC) mis en rotation et lubrifié par de l'eau.

La lubrification par l'eau permet de réduire les frictions entre le papier SIC et de limiter l'échauffement dû aux frottements. Enfin, l'eau permet également d'éliminer les résidus au fur et à mesure afin qu'ils ne rayent pas la surface polie.

Afin d'obtenir un polissage efficace, la taille des grains des papiers de verre évolue au fur et à mesure pour obtenir une surface de plus en plus lisse. Le choix du nombre de grains par μm^2 est libre. Plus le nombre est élevé et plus il y a de grains dans $1 \mu\text{m}^2$ et ainsi plus ils sont fins. En ce qui nous concerne, nous avons commencé avec le nombre 400 puis 1200, 2400 et enfin 4000.

Le protocole du polissage est simple :

- Choisir le grain du papier de verre souhaité
- Retirer l'anneau et placer le papier de verre (papier SIC) sur la machine, puis remettre l'anneau
- Appuyer sur le bouton verre afin de mettre en marche la polisseuse
- Maintenir l'échantillon de manière à ce qu'il touche le papier de verre
- S'assurer régulièrement de le polir uniformément
- Refaire la même opération avec des papiers de verre de grain de plus en plus fin
- Rincer à l'éthanol entre chaque étape ainsi qu'à la fin du processus



Figure 7 : Polisseuse

2.3- Observations microscopiques

Pour finir, nous avons réalisé des observations microscopiques pour différents états du matériau. Effectivement, nous avons d'abord observé au microscope optique l'évolution de l'état de surface de notre matériau en fonction du grain choisi lors du polissage.



Figure 8 : Microscope optique

Nous avons également effectué des observations microscopiques sur notre matériau avant et après tréfilage.

Enfin, nous avons poussé nos analyses en effectuant des observations au microscope électronique à balayage (MEB), ce qui nous a permis d'obtenir des images de meilleures qualités et ainsi plus pertinentes et exploitables. En effet, l'utilisation du MEB nous permet d'observer les échantillons à des grossissements beaucoup plus élevés, ce qui nous offre une vision plus détaillée des grains. Le fonctionnement du MEB se base sur l'émission d'un faisceau fin d'électrons émis par un canon d'électrons et récupère, grâce à des détecteurs, les électrons et rayons émis par l'échantillon après interaction avec ce faisceau.



Figure 9 : Microscope électronique à balayage

2.4- Essais mécaniques

Afin de relier ces différentes microstructures aux propriétés mécaniques, nous avons procédé à différents essais mécaniques.

2.4.1- Essais de dureté de Vickers

Dans un premier temps, nous avons effectué des tests simples et rapides de dureté afin de déterminer une caractérisation mécanique, à savoir la dureté Vickers.



Figure 10 : Machine de microdureté

L'essai de dureté Vickers est utilisé dans de nombreux secteurs industriels puisqu'il permet de contrôler la qualité des matériaux et de connaître leur dureté.

Le test consiste à appliquer une force sur la surface du matériau à tester avec une pointe de diamant de forme pyramidale carrée. La force appliquée par la pointe de diamant provoque alors une déformation de l'échantillon et la taille de cette déformation permet de déterminer la dureté du matériau.

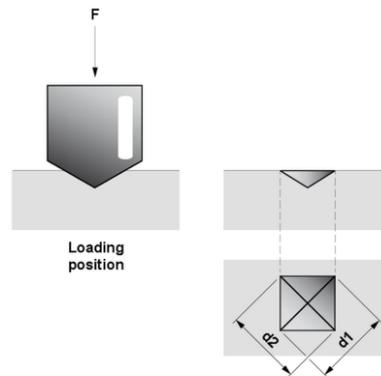


Figure 11 : Schéma représentatif essai de Vickers

La dureté Vickers (HV) est donc calculée en mesurant, à une charge prédéfinie, les longueurs des deux diagonales de l'empreinte laissée dans le matériau par la pointe de diamant.

$$\begin{aligned}
 H_V &= \text{Constante} \cdot \frac{(\text{Charge de l'essai})}{(\text{Aire de l'empreinte})} \\
 &= 0,102 \cdot \frac{2F \cdot \sin\left(\frac{136^\circ}{2}\right)}{d^2} \\
 &= 0,189 \cdot \frac{F}{d^2} \quad \text{et} \quad d = \frac{d_1 + d_2}{2}
 \end{aligned}$$

Avec : F, la masse appliquée sur le matériau (en N)

d, la longueur diagonale de la base carrée (en mm²)

Pour nos essais, nous avons appliqué une masse de 5kg sur nos deux échantillons durant 10 secondes.

2.4.2- Essais de traction

Par la suite, nous avons procédé à un deuxième type d'essai mécanique plus complexe qui permet d'obtenir plus de valeurs caractéristiques des propriétés mécaniques, à savoir l'essai de traction. Celui-ci consiste à appliquer une force en traction à une éprouvette calibrée du matériau jusqu'à sa rupture tout en mesurant son allongement. Pour ce faire, nous avons donc utilisé une machine MTS avec une cellule de 10kN. Cette dernière possède une cellule de force, enregistrant la force appliquée durant l'essai, et une traverse dont le déplacement est aussi enregistré.

Protocole essai de traction :

- Usiner les éprouvettes de traction calibrées à partir du matériau
- Mesurer la longueur initiale L_0 de l'échantillon
- Placer les deux extrémités de l'éprouvette dans les deux mors de la machine
- Régler la traverse de manière à ce que l'échantillon soit stable entre les mors
- Étalonner la machine afin d'obtenir une force proche de 0 et une position initiale de la traverse de 0
- Entrer la valeur de vitesse de traction dans le logiciel lié à la machine
- Lancer l'essai
- Attendre la rupture du matériau puis le récupérer



Figure 12 : Machine de traction

Légende :

- : Mors
- : Echantillon
- : Traverse
- : Console de commande

L'expérience est terminée lorsque le matériau se rompt. On récupère alors par la suite les données que sont l'allongement en fonction de la force appliquée. Ces données sont transférées dans un tableau Excel afin de pouvoir réaliser des courbes.

Afin de pouvoir comparer les différents essais, il est nécessaire de normaliser ces données par la géométrie de l'éprouvette (section et longueur). Cela permet d'obtenir la valeur de la contrainte associée à la déformation. La contrainte σ et la déformation ε sont données par les formules suivantes :

$$\sigma = \frac{F}{S_0}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Avec :

- F la force (N)
- S₀ la section initiale (m²)
- ΔL l'allongement de l'échantillon (m)
- L₀ la longueur initiale de l'échantillon

En traçant un graphique représentant la contrainte en fonction de la déformation, il nous est alors possible de déduire les valeurs caractéristiques énoncées en 1.2.

Enfin, la loi de Hooke nous permet de déterminer la rigidité des matériaux. En effet, il est possible de calculer le module d'Young E (Pa) grâce à celle-ci avec la formule suivante :

$$\sigma = E * \varepsilon$$

Dans notre cas, les données de départ pour notre essai de traction étaient les suivantes :

- Diamètre du fil : $D = 4 \text{ mm}$
- Surface du fil : $S = \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2 = 12,57 \text{ mm}^2$
- Longueur initiale : $L_0 = 60 \text{ mm}$
- Vitesse de traction : $v = 2 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$

III. Résultats

3.1- Résultats expérimentaux

Le matériau avant et après tréfilage ne présente pas les mêmes caractéristiques. Que ce soit dans la microstructure ou bien les comportements mécaniques, les expériences nous ont permis d'obtenir les résultats suivants.

3.1.1- Analyse des observations microscopiques

Des observations au microscope optique puis au microscope électronique à balayage ont permis de caractériser l'influence de la déformation par tréfilage sur la microstructure de la fonte.

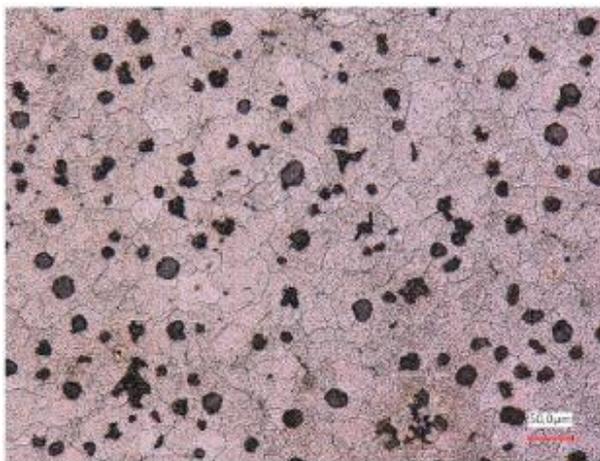


Image de la fonte brute au microscope électronique

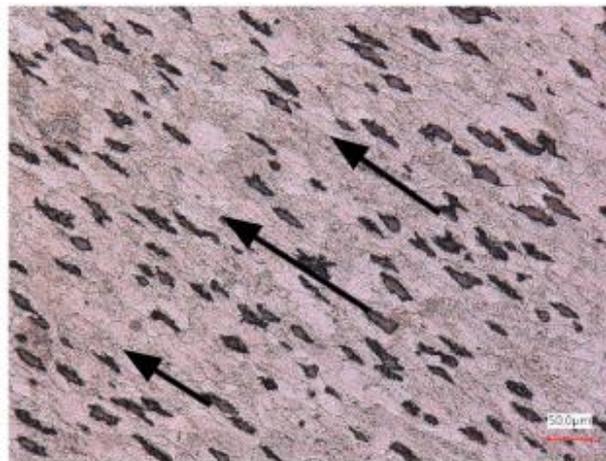


Image de la fonte tréfilée au microscope électronique

Légende :

→: Direction de tréfilage



: Grains de carbone

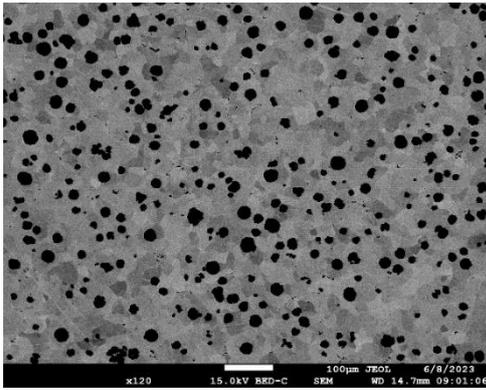


: Joints de grains

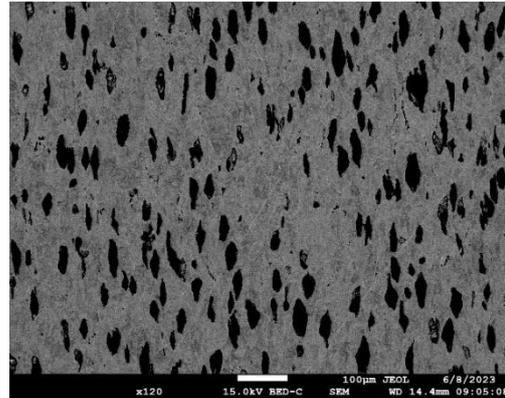
Les images de la fonte brute de réception permettent d'observer les sphéroïdes de graphite répartis de façon homogène dans la matrice de fer. Les grains de la matrice sont également visibles. Ces derniers sont équiaxes.

Les observations de la fonte après tréfilage montrent une évolution de cette microstructure, les sphéroïdes de graphite sont allongés et écrasés dans la direction de tréfilage et les grains semblent suivre le même comportement.

Ces images montrent également que, selon la direction d'observation, l'allongement des sphéroïdes et des grains est différent. Cela montre que le tréfilage engendre une déformation non homogène.



Fonte tréfilée en section observée au microscope électronique à balayage (MEB)



Fonte tréfilée en tranche observée au MEB

On aurait pu s'attendre à ce que les grains de graphite se fragmentent de manière fragile avec la déformation mais ceux-ci se sont déformés et allongés de manière ductile.

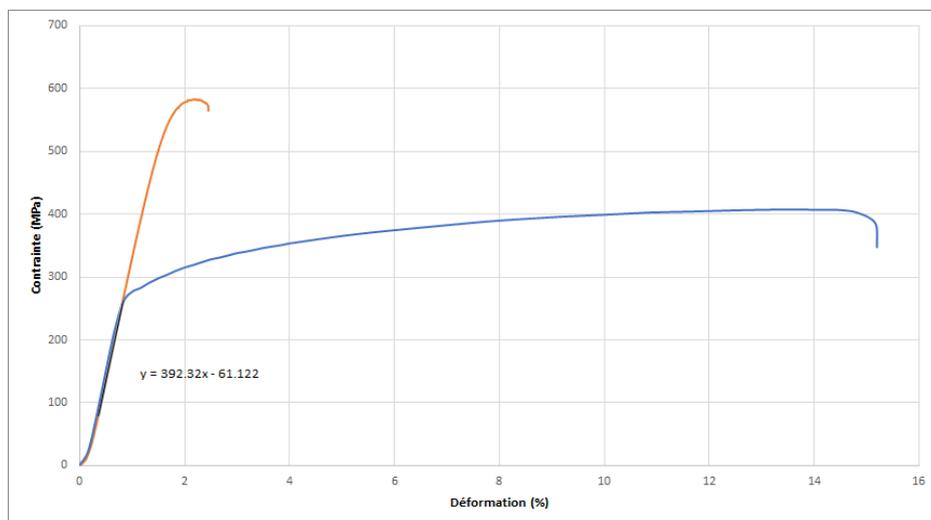
On remarque donc les modifications microstructurales suivantes : Le facteur de forme des grains de graphite et de la matrice de fer a été modifié. Ceux-ci ont diminué de taille et se sont allongés. L'influence de ces modifications microstructurales sur les propriétés mécaniques va être étudiée par la suite

3.1.2- Résultats de l'essai de dureté de Vickers

En faisant la moyenne des valeurs des essais, on trouve les résultats suivants : la dureté de la fonte brute est égale à 149,7 HV tandis qu'après tréfilage elle est de 221,5 HV, avec pour écart-type de ces deux valeurs : 50,8 HV. Ainsi, la déformation plastique de la fonte a entraîné un durcissement de 71,8HV.

3.1.3- Exploitation des données et résultats de l'essai de traction

En ce qui concerne les essais de traction que nous avons réalisés, nous avons obtenus les valeurs et les courbes suivantes.



Courbes de traction de la fonte brute (bleu) et de la fonte tréfilée (orange)

Tableau comparatif des résultats :

Echantillon	Fonte brute	Fonte tréfilée	Fonte (littérature)
Limite élastique (MPa)	280	520	250
Contrainte à la rupture (MPa)	385	576	400
Allongement à la rupture(mm)	9,6	2,2	22%
Module d'Young (MPa)	392	392	169
Résistance max (MPa)	407	581	420

De ces résultats, nous déduisons qu'après tréfilage la limite d'élasticité de la fonte augmente au détriment de son allongement à rupture.

Ainsi, après tréfilage, la fonte sera plus résistante mais moins ductile. Passé la limite d'élasticité, celle-ci cassera donc beaucoup plus vite.

3.2- Discussion des résultats

De ses expérimentations, on observe que la modification de la microstructure de la fonte a des conséquences sur les comportements mécaniques du matériau. Le changement de la forme des grains de graphite et de la matrice ainsi que l'augmentation de la densité de dislocation ont permis une augmentation de la dureté et de la résistance du matériau. Cependant, cette modification entraîne aussi une rupture plus rapide du matériau, c'est-à-dire un allongement moindre du matériau avant rupture. De ces observations, on peut en déduire l'utilité de cet usinage. En effet, le tréfilage permet de créer des pièces plus longues sans utiliser plus de matériau tout en augmentant sa résistance. Ainsi, si on souhaite utiliser une fonte pour une application mais que sa limite d'élasticité est inférieure à la charge appliquée en service, un tréfilage peut être intéressant afin d'appliquer une charge en service plus élevée.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Conclusion sur le travail réalisé

Grâce à une étude approfondie des concepts fondamentaux de la physique des matériaux et à des expériences pratiques variées, nous avons obtenu des résultats intéressants qui permettent d'établir des relations claires entre les comportements mécaniques observés et les observations microscopiques.

Nous avons réalisé différentes expériences afin d'analyser les effets du tréfilage sur les propriétés de la fonte. Tout d'abord, nous avons effectué des observations microscopiques sur nos fils de fonte avant et après tréfilage. Ces études microscopiques ont montré des changements microstructuraux de la fonte, avec notamment la formation de dislocations et la déformation des grains qui montrent que la fonte a été déformée plastiquement et qui permet d'augmenter sa résistance mais également de diminuer sa ductilité.

Perspectives pour la poursuite de ce projet

Un seul taux de déformation a été appliqué ici, il serait intéressant d'appliquer un taux de réduction plus élevée, une plus grande déformation afin d'en étudier l'impact sur les sphéroïdes de graphite et sur les propriétés mécaniques associées.

Il convient de noter que ce projet ouvre également des perspectives pour de futures études. En effet, il serait intéressant à l'avenir de faire des études comparatives avec d'autres matériaux afin d'observer comment les comportements mécaniques associés à chaque matériau diffèrent après tréfilage sur celui-ci.

De la même manière, il serait également pertinent d'étudier les autres propriétés des fils de fonte tréfilés telles que la conductivité électrique ou la résistance à la corrosion.

Conclusion sur l'apport personnel de cet E.C. projet

Marie : Ce projet m'a apporté des compétences mécaniques essentielles qui pourront m'être utiles dans la suite de mon parcours professionnel. J'ai pu y apprendre à réaliser et suivre un plan d'expérience. J'ai également apprécié le côté pratique du projet puisqu'il m'a permis de découvrir et utiliser différentes machines. Enfin, ce projet a été l'occasion de travailler sur l'organisation et l'esprit d'équipe, et m'a ainsi également apporté sur le plan humain.

Edouard : Grâce à ce projet, j'ai pu consolider et approfondir mes connaissances en mécanique et plus particulièrement en science des matériaux. Me destinant à une spécialisation en génie civil, ces connaissances me seront particulièrement utiles. De plus, j'ai appris à concevoir et à appliquer un protocole d'étude, et à m'organiser avec le reste de mon groupe afin qu'il se déroule au mieux.

Minyao : Ce projet m'a permis de mieux comprendre une branche du domaine mécanique qui m'aidera à choisir une orientation spécifique à l'avenir. J'ai acquis une meilleure compréhension de la conception d'expériences mécaniques pour tester les propriétés des matériaux. En outre, ce projet a également amélioré mes compétences en matière de communication et de collaboration.

Bilal : Lors de ce projet, j'ai avant tout pu comprendre et utiliser certains domaines dans une branche de mécanique, cela m'a beaucoup aidé pour mon choix final de spécialisation notamment dans le domaine mécanique et génie civil. De plus, j'ai pu m'initier à réaliser un protocole expérimental en associant expérience, recherche et rapport d'un projet. J'ai pu aussi apprendre à découvrir et utiliser de nouvelles machines. Enfin, j'ai pu optimiser mes compétences en matière d'organisation et d'esprit d'équipe.

Bibliographie

- [1] lien internet : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Acier> (valide à la date du 11/03/2023)
- [2] lien internet : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Fonte> (valide à la date du 23/02/2023)
- [3] lien internet : <https://www.struers.com/fr-FR/Knowledge/Grinding-and-polishing#grindingpolishingtroubleshooting> (valide de 2023)
- [4] lien internet : <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/materiaux-th11/mise-en-forme-des-aciers-aluminium-autres-metaux-et-alliages-42356210/trefilage-de-l-acier-m3125/> (valide à la date du 10/12/2010)
- [5] lien internet : <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/archives-th12/archives-mise-en-forme-des-metaux-et-fonderie-tiamc/archive-2/trefilage-de-l-acier-m645/materiau-de-depart-m645niv10001.html> (valide à la date du 10/04/1996)
- [6] lien internet : <https://www.rocdacier.com/essai-de-traction-2/> (valide à la date du 14/08/2017)
- [7] lien internet : <https://notech.franceserv.com/materiau-acier-essais.html> (date non indiquée)
- [8] lien internet : <https://www.zwickroell.com/fr/secteurs-dactivite/test-de-materiau-essai-de-materiau/essai-de-traction/#:~:text=Lors%20de%20l'essai%20de,de%20l'essai%20de%20traction.> (date non indiquée)
- [9] lien internet : <http://olympiades.briand44.free.fr/olymp98/partie13.htm> (date non indiquée)
- [10] lien internet : <https://www.zwickroell.com/fr/secteurs-dactivite/metal/normes-metal/essai-vickers-iso-6507/> (date non indiquée)
- [11] lien internet : <https://mssmat.centralesupelec.fr/en/Moyens-microscopie-principes-meb> (date non indiquée)