

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTÉ DE TECHNOLOGIE  
DÉPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

N° : .....



DOMAINE : sciences technologiques

FILIERE : Génie Mécanique

OPTION : TECHNIQUES DE PRODUCTION

**Mémoire présenté pour l'obtention  
Du diplôme de Master Académique**

**Par :**

**Nouasri Ikram**

**Oudina Belkacem**

**Intitulé :**

---

**Recherche sur l'amélioration de la productivité des filtres  
industriels**

---

**Devant le jury composé de :**

**ZEGGANE Houari**

**MCA**

**Président**

**FARSI CHOUKI**

**MCA**

**Encadreur**

**BECHANE LEILA**

**MCA**

**Examinatrice**

**Année universitaire : 2023/2024**

## Remerciement

*A la fin de ce travail, représenté par le mémoire de fin d'études, nous remercions Dieu Tout-Puissant de nous avoir aidé, et nous adressons nos plus profonds remerciements et gratitude à M. Farsi Shawqi, notre directeur de recherche, pour nous avoir aidé et mis tous ses efforts dans ce travail. .*

*Nous remercions le personnel universitaire et le personnel de la Fondation Algérienne des Textiles Industriels et Techniques pour leurs éclaircissements et leur coopération avec nous.*

*Nous tenons également à remercier les membres du comité d'évaluation pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'évaluer notre travail.*

*Au final, nous adressons nos remerciements à nos familles, amis et à tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la mise en œuvre de ce travail.*

*Merci à tous.*

## Dédicace

Je dédie cet humble travail à:

Mes chers parents qui m'ont donné la force de poursuivre mes études ainsi que leur soutien et leurs encouragements constants tout au long de mon parcours académique.

À mon cher frère Mohammad Ali.

A mes sœurs Marwa, Farah et Ahlam.

À ma grande famille.

À ma collègue et amie, Belkacem, et à tous mes amis.

Belkacem:

Je dédie cet humble travail à:

Mes chers parents qui m'ont donné la force de poursuivre mes études ainsi que leur soutien et leurs encouragements constants tout au long de mon parcours académique

À mes parents qui m'ont élevé, mon grand-père et ma grand-mère, que Dieu ait pitié d'eux et les fasse habiter dans son vaste paradis.

A mes chères sœurs

À ma grande famille

À mon collègue, mon ami Ikram et à tous mes amis

## ملخص

في الصناعة، تعتبر عملية الترشيح عملية أساسية تؤثر بشكل كبير على جودة المنتجات وكفاءة التصنيع. تلعب الفلاتر الصناعية دورًا حيويًا في فصل الجزيئات غير المرغوب فيها عن المواد المستخدمة في المعالجة، مما يضمن نقاء المنتج النهائي ويحسن أداء الإنتاج. تشمل الفلاتر الصناعية الشائعة الفلاتر القماشية، الفلاتر المعدنية، والفلاتر الغشائية، وتستخدم بناءً على خصائص المواد ومتطلبات التطبيقات المختلفة. لا تقتصر تحسينات أداء الفلاتر على تصميمها وتصنيعها فقط، بل تشمل أيضًا تطوير الأقمشة المستخدمة فيها. تحدد هذه الأقمشة فعالية الترشيح بناءً على قدرتها على احتجاز الشوائب والسماح بمرور المواد المطلوبة. تركز الأبحاث الحالية على تحسين خصائص هذه الأقمشة، مثل المقاومة الميكانيكية، مقاومة التآكل، القدرة على الاحتفاظ، والمقاومة للحريق، بهدف زيادة كفاءة الفلاتر، متانتها، وتقليل تكاليف صيانتها. تهدف هذه الدراسة إلى تحليل أنواع الفلاتر الصناعية المختلفة وتحسين أدائها من خلال تطوير الأقمشة المستخدمة في تصنيعها، مما يعزز جودة المنتجات وكفاءة العمليات الصناعية، ويلبي متطلبات الأسواق والمعايير العالية للجودة.

## Résumé

Dans l'industrie, la filtration est un processus essentiel qui influe considérablement sur la qualité des produits et l'efficacité de la fabrication. Les filtres industriels jouent un rôle crucial en séparant les particules indésirables des matériaux utilisés dans le traitement, garantissant ainsi la pureté du produit final et améliorant les performances de production. Les filtres industriels courants incluent les filtres en tissu, les filtres métalliques et les filtres membranaires, utilisés en fonction des propriétés des matériaux et des exigences spécifiques des applications. Les améliorations des performances des filtres ne se limitent pas seulement à leur conception et fabrication, mais englobent également le développement des tissus utilisés. Ces tissus déterminent l'efficacité de la filtration en fonction de leur capacité à retenir les impuretés et à permettre le passage des matériaux souhaités. Les recherches actuelles se concentrent sur l'amélioration des propriétés de ces tissus, telles que la résistance mécanique, la résistance à la corrosion, la capacité de rétention et la résistance au feu, dans le but d'augmenter l'efficacité des filtres, leur durabilité et de réduire les coûts de maintenance. Cette étude vise à analyser les différents types de filtres industriels et à améliorer leurs performances en développant les tissus utilisés dans leur fabrication, ce qui améliorera la qualité des produits et l'efficacité des opérations industrielles, tout en répondant aux exigences des marchés et aux normes de qualité élevées.

## Abstract

In the industry, filtration is an essential process that significantly impacts product quality and manufacturing efficiency. Industrial filters play a crucial role in separating undesirable particles from materials used in processing, thereby ensuring the purity of the final product and enhancing production performance. Common industrial filters include fabric filters, metal filters, and membrane filters, which are used based on the properties of the materials and the specific application requirements. Enhancements in filter performance are not limited to their design and manufacturing but also encompass the development of the fabrics used. These fabrics determine the filtration efficiency based on their ability to retain impurities and allow the passage of desired materials. Current research focuses on improving the properties of these fabrics, such as mechanical strength, corrosion resistance, retention capacity, and fire resistance, with the aim of increasing filter efficiency, durability, and reducing maintenance costs. This study aims to analyze the different types of industrial filters and enhance their performance by developing the fabrics used in their manufacture, which will improve product quality and industrial operations efficiency, while meeting market demands and high-quality standards.

# Table des matières

Remerciement .....	I
Dédicace .....	II
Table des matières .....	IV
Introduction générale .....	1

## Chapitre I

### Généralité sur les filtres industriels

I.1 Introduction.....	4
I.1 Généralités sur les procédés de séparation .....	4
I.2 Définition de filtration.....	5
I.2.1 étape de filtration :.....	6
I.2.2 (but) .....	7
I.2.3 Classification des Techniques de Filtration .....	7
I.2.4 Mécanismes de Filtration.....	9
I.2.4.1 Criblage (ou Tamisage) .....	9
I.2.4.2 Adsorption.....	9
I.2.5 Les matériaux de filtration.....	10
I.3 Définition du filtre industriel .....	10
I.3.1 Les caractéristiques physiques des filtres .....	10
I.3.2 Les caractéristiques des performances des filtres .....	11
I.2.3 Le rôle du filtre.....	12
I.4 Types de filtres industriels.....	13
I.4.1 Les filtres presses .....	13
I.4.2 Les filtres à poche ou à panier .....	14
I.4.3 Les filtres à cartouches lavables et filtres autonettoyants :.....	15
I.4.2 Filtre a tambour :.....	15
I.4.2.1 Fonction .....	16
I.4.2.2 Principe de fonctionnement .....	16
I.4.3 Filtre a disque .....	17
I.4.3.1 Principe de fonctionnement .....	18
I.4.3.2 Les avantages .....	19
I.4.3.3 Les inconvénients .....	19

I.4.4 Filtre a sable .....	19
I.4.4.1 Le premier type .....	20
I.4.4.2 Le deuxième type .....	21
Conclusion .....	23

## **Chapitre II**

### **Exemples des calcul des filtres industriels**

Aspects théoriques de la filtration sur support.....	25
Définition de la résistance spécifique réelle et apparente.....	25
Gâteaux compressibles .....	26
Gâteaux incompressibles .....	29
Facteurs affectant la résistance du milieu filtrant : .....	31
Amélioration du taux de filtration :.....	31
Adjuvants de filtration.....	32
Dimension des particules .....	32
Effet de concentration solide .....	33
Aspect théorique de la déshydratation mécanique .....	33
Classification de l'eau dans le gâteau de filtration.....	33
Choix et calcul des filtres (1).....	34
Systèmes de filtration sous vide.....	36

## **Chapitre III**

### **Présentation de la société Eatit**

III.1 Introduction .....	39
III.2 Présentation d'entreprise Algérienne des Textile Industriel et Technique : .....	39
III.2 Historique.....	40
III.3 Organigramme .....	40
III.3 Processus de production.....	40
III.3.1 Processus technologique de la filature :.....	40
I.4 Conclusion .....	55

## **Chapitre IV**

### **Partie expérimentale**

IV. Partie expérimentale .....	57
IV.1 Etude expérimentale sur les caractéristiques mécaniques des files qui peuvent être utilisés comme membranes des filtres industriels(à tambour).....	57
IV.2 L'objectif : .....	57

Méthode et démarche expérimentale.....	57
Caractéristique et dimensions du papier utiliser pour la fixation des fils.....	58
Préparation des échantillons aux essais de traction.....	58
Système de base et caractéristique de l'appareillage utilisé .....	60
Extensions optionnelles .....	61
Étapes de l'expérience.....	62
Objectifs de l'expérience.....	62
Résultats attendus .....	63
Les différentes étapes de traction : .....	63
Analyse des résultats .....	65
Comparaison des résultats : .....	65
Interprétation des résultats :.....	65
Applications : .....	66
Conclusion : .....	67
Conclusion générale .....	68
Conclusion générale .....	69
Références et bibliographie .....	71

## Listes des figurées

Figure 1: principe de la filtration .....	6
Figure 2: Schéma de principe de filtration.....	8
Figure 3: Schéma de l'opération de filtration varie en fonction de la taille des pores du filtre. 9	
Figure 4 : Schéma d'un filtre à presse. ....	13
Figure 5 : Schéma d'un filtre à poche ou à panier. ....	14
Figure 6 : Schéma d'un filtre à tambour.....	16
Figure 7 : Schéma d'un filtre à disque.....	18
Figure 8 : Schéma d'un filtre à sable. ....	20
Figure 9 : Schéma d'un filtre à gravier .....	21
Figure 10: Différence de pression à travers un gâteau de filtration idéale.....	30
Figure 11: Classification des types d'eau contenue dans un lit de particules .....	34
Figure 12 : Schéma d'une installation de filtration sous vide avec évacuation gravitaire du filtrat.....	36
Figure 13 : Schéma d'une unité de filtration sous vide avec évacuation forcée du filtrat .....	37
Figure 14 : Machine Battage de la société EATIT (Brise balles) (Nettoyeuse).....	41
Figure 15 : Machine carded de la société EATIT .....	42
Figure 16: Machine Banc d'étirage de la société EATIT .....	43
Figure 17 : Machine Banc à broche de la société EATIT .....	44
Figure 18: Machine Continu à filer de la société EATIT.....	45
Figure 19: Machine bobinoir .....	45
Figure 20: Machine Assemblages (SSM) de la société EATIT.....	46
Figure 21 : Machine ourdissoir (RUIS) de la société EATIT.....	48
Figure 22 : Ensemble d'ourdissoir.....	49
Figure 23: Machine Réunisseuse de la société EATIT.....	49
Figure 24: Ensemble machine tissu Dornier .....	50
Figure 25 : Machine Rentrage (STAUBLI) de la société EATIT .....	50
Figure 26 : Machine Nouage (STÄUBLI) de la société EATIT .....	51
Figure 27 : faire un tissu (File de trame et file de chaîne).....	51
Figure 28 : processus de tissage.....	52
Figure 29 : Machine Tissu (DORNEIR) de la société EATIT.....	52
Figure 30: Machine visiteuse avec rouleuse.....	53

Figure 31 : Schéma représentatif de l'atelier tissage (retiré de document interne de l'entreprise).....	54
Figure 32: Représentant les mesures du papier utilisé .....	58
Figure 33: Les types de fils utilisés pour les tissus .....	58
Figure 34 : Présentation des fils après leur fixation.....	59
Figure 35: Appareille de mesure de traction : .....	60
Figure 36 : Les différents positions des mords pendant la traction .....	62
Figure 37: Traction des différents de fils .....	63
Figure 38: Le diagramme présentant les quatre courbes de contrainte-déformation .....	64

## Liste des Tableaux

Tableau 1: Charges spécifiques des filtres à vide .....	36
Tableau 2 : des échantillons de fil [1].....	57
Tableau 3:de contrainte-déformation des fils .....	64

# **Introduction Générale**

## **Introduction générale**

Dans le contexte industriel, la filtration est un processus fondamental qui influe directement sur la qualité des produits et l'efficacité des opérations de fabrication. En effet, la filtration joue un rôle crucial dans la séparation des particules indésirables des matériaux de traitement, ce qui contribue à garantir la pureté et la qualité du produit final tout en optimisant les performances du processus de production.

Les filtres industriels sont des outils essentiels dans ce processus, et ils sont disponibles dans une variété de types, chacun adapté à des besoins spécifiques. Parmi les filtres les plus courants, on trouve les filtres en tissu, les filtres métalliques et les filtres membranaires, qui sont utilisés selon les propriétés des matériaux à filtrer et les exigences de l'application.

Cependant, l'amélioration continue des performances des filtres ne se limite pas à leur conception et à leur fabrication. En effet, une attention particulière est portée au développement des tissus utilisés dans la fabrication de ces filtres. Ces tissus sont cruciaux car ils déterminent en grande partie l'efficacité de la filtration en termes de retenue des impuretés et de perméabilité aux matériaux souhaités.

La recherche actuelle se concentre donc sur l'amélioration des caractéristiques des tissus, telles que leur résistance mécanique, leur résistance à la corrosion, leur capacité de rétention, leur résistance au feu, entre autres. En améliorant ces propriétés, on vise à optimiser les performances des filtres, à accroître leur durabilité et à réduire les coûts de maintenance associés.

Ainsi, cette étude vise à examiner en profondeur les différentes catégories de filtres industriels et à explorer les moyens d'optimiser leur performance en se concentrant sur le développement et l'amélioration des tissus utilisés dans leur fabrication. En définitive, cette démarche contribuera à renforcer la qualité des produits et à accroître l'efficacité des opérations industrielles, répondant ainsi aux exigences croissantes des marchés et aux normes de qualité les plus strictes.

Dans le premier chapitre : nous avons examiné l'importance des filtres industriels ainsi que leur évolution au fil des années. Nous avons souligné leur rôle essentiel dans la purification des liquides et des gaz dans divers secteurs industriels. De plus, nous avons discuté des nombreuses applications des filtres et de l'importance de la recherche et de l'innovation dans le domaine du développement des filtres et de la filtration industrielle.

Dans le deuxième chapitre : nous avons abordé les principaux calculs théoriques concernant les filtres industriels et la filtration industrielle. L'objectif était d'améliorer

l'efficacité du processus et de réduire les coûts et les pertes. Nous avons examiné les calculs essentiels liés aux filtres, tels que la surface de filtration, la vitesse du fluide, la rétention des particules, et d'autres paramètres clés. En comprenant et en maîtrisant ces calculs, les ingénieurs et les professionnels peuvent optimiser la conception et l'opération des systèmes de filtration, ce qui se traduit par une amélioration significative de l'efficacité globale du processus et une réduction des coûts associés.

Dans le troisième chapitre : Il semble que le chapitre aborde la société EATIT ainsi que les diverses étapes du processus de tissage en unités. Si vous avez besoin d'aide pour approfondir ces sujets ou discuter d'autres aspects, n'hésitez pas à me le faire savoir.

Dans le quatrième chapitre : Nous avons détaillé dans ce chapitre l'expérience de mesure de la résistance du fil comme un facteur essentiel dans la performance des filtres industriels. Nous avons fourni une explication complète de l'importance de cette expérience et de sa mise en œuvre, incluant les outils utilisés et les procédures suivies pour garantir la précision et la fiabilité des mesures. Nous avons présenté une analyse des données issues de l'expérience que nous avons menée et comment elles impactent la technologie de l'industrie des filtres. Elles jouent un rôle crucial en orientant cette technologie vers l'amélioration des conceptions des fils utilisés, ainsi qu'en aidant au développement de processus de production plus efficaces et performants.

**Chapitre I**  
**Généralité sur les filtres**  
**industriels**

## **I.1 Introduction**

Dans l'industrie, les filtres jouent un rôle crucial dans le processus de purification et de traitement des liquides. Que ce soit dans les industries chimique, pétrolière, pharmaceutique ou alimentaire, les filtres sont utilisés pour éliminer les impuretés et les contaminants des liquides et des gaz, garantissant ainsi la qualité du produit final et la sécurité des processus.

Au fil des années, les avancées technologiques ont conduit au développement de filtres industriels de plus en plus sophistiqués et efficaces, capables de répondre aux exigences croissantes en termes de pureté, d'efficacité et de durabilité. Ces filtres peuvent être conçus pour différentes applications, comme la purification de l'eau, la séparation de particules solides, la purification de gaz, ou encore la capture de contaminants biologiques.

Ce projet de recherche vise à explorer différentes technologies de filtration industrielle disponibles sur le marché, en se concentrant sur leurs principes de fonctionnement et de performances ainsi que sur leurs applications spécifiques dans divers secteurs industriels. Nous examinerons également les défis et tendances émergents en matière de filtration, notamment en ce qui concerne la durabilité, l'efficacité énergétique et l'innovation des matériaux.

## **I.1 Généralités sur les procédés de séparation**

L'eau est utilisée dans la plupart des étapes de la valorisation des minéraux pour traiter la plus grande partie (environ 80% - 90%) du tonnage de minerais. Les processus d'enrichissement utilisent habituellement l'eau car elle permet d'avoir une plus grande efficacité accompagnée d'une récupération plus élevée. En outre, l'eau élimine la pollution de l'air [1].

L'utilisation de l'eau nécessite alors que les solides soient séparés du liquide. En général, lorsque les particules à séparer diminuent en taille, les augmentations de coût diminuent. Lorsque les solides sont des colloïdes (généralement considérés comme étant de  $-10\ \mu\text{m}$  ou moins), les coûts augmentent encore plus vite. Ils sont difficiles à éliminer par filtration ou centrifugation. Habituellement, un flocculant est ajouté au mélange pour amener les colloïdes à former de plus grands flocons ou agglomérats ; sinon les colloïdes restent en suspension à cause du mouvement brownien [2]. En conséquence, la séparation liquide-solide est un coût majeur dans le traitement des minéraux, probablement dépassée seulement par le coût de la fragmentation, de la flottation et des réactions endothermiques.

La séparation solide - liquide est une opération unitaire au centre de nombreux processus industriels en génie des procédés. Selon la phase du mélange que l'on cherche à valoriser, elle

peut avoir pour but d'obtenir une phase solide appauvrie en liquide ou une phase liquide sans solide. Cette différence sur la phase valorisable va déterminer, avec des considérations économiques, les opérations unitaires utilisées et leurs paramètres. Le choix est conditionné, entre autres, par la taille des particules solides, la teneur en liquide finale souhaitée ainsi que par la consommation énergétique.

La séparation liquide-solide est également essentielle dans les réseaux de récupération d'eau et des circuits d'eau alimentée en circuit fermée [3]. L'eau qui a été utilisée pour le traitement et l'enrichissement des minéraux contient des solides dont la taille peut varier du micromètre à 6.36 mm ou plus. Certains cours d'eau contiendront les solides valorisables et d'autres les déchets ou les résidus. Dans les deux cas, les solides doivent être séparés si l'eau doit être réutilisée. De plus, la concentration de solides en suspension dans l'eau recyclée doit être suffisamment faible pour que l'eau ne contamine pas le produit suivant.

La séparation solide – Liquide est une condition préalable pour un circuit d'eau fermé. Il sera également nécessaire avant que tout effluent soit éliminé dans les lacs, les cours d'eau ou d'autres sources d'eau publiques. Les réglementations nationales et fédérales européennes exigent généralement que ces effluents ne contiennent pas plus de 10 à 50 mg / L de solides en suspension [4].

En même temps, la séparation liquide-solide par des moyens mécaniques (c'est-à-dire la sédimentation, la filtration et la centrifugation) est beaucoup moins coûteuse que le séchage thermique, principalement parce que ces moyens consomment moins d'énergie. En outre, le séchage thermique nécessite généralement des combustibles plus coûteux, tels que le gaz ou le pétrole, tandis que les méthodes mécaniques peuvent utiliser l'énergie électrique générée par des combustibles moins coûteux [4].

## **I.2 Définition de filtration**

Le processus de filtration est une méthode de séparation utilisée pour séparer les composants d'un mélange comprenant une phase liquide et une phase solide à travers un milieu poreux. L'utilisation d'un filtre permet de retenir les particules du mélange hétérogène qui sont plus grandes que les pores du filtre (porosité). Le liquide qui a traversé le filtre est appelé filtrat ou permet, tandis que la partie retenue par le filtre est appelée résidu, retentât ou gâteau.

La filtration peut également désigner le processus passif d'épuration naturelle ou de réduction de la turbidité qui se produit lorsque l'eau traverse un lit de sable ou de sédiments pour rejoindre la nappe phréatique.

Ce processus de filtration est largement utilisé dans divers domaines tels que l'agroalimentaire, la chimie, la pharmacie, ainsi que par de nombreuses espèces animales, principalement aquatiques. Chez les animaux filtreurs tels que les éponges et les bivalves, la filtration constitue un mode actif d'alimentation. De plus, le rein des organismes assure également une fonction de filtration [1].

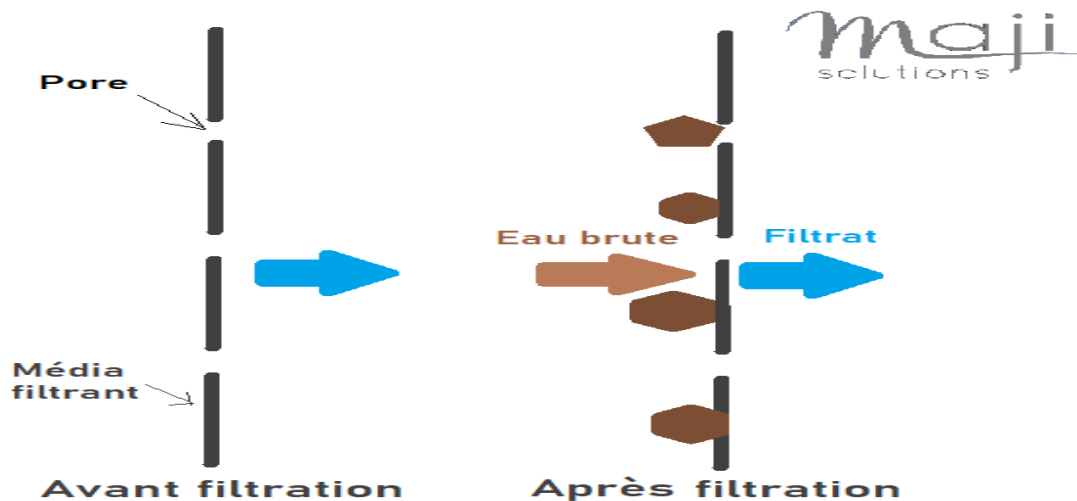


Figure 1: principe de la filtration [2]

### I.2.1 étape de filtration :

Toutes les opérations de filtration suivent trois étapes principales, dont l'importance dans le processus varie en fonction du type de filtration.

**Étape 1 : Rétenion** Le processus de filtration débute par la rétenion des particules à bloquer par le filtre. Cette captation se produit de deux manières :

- Soit la particule est plus volumineuse que les pores du milieu filtrant.
- Soit, même si sa taille est inférieure à celle des pores du filtre, la particule se trouve piégée dans son trajet à travers le milieu filtrant.

**Étape 2 : Fixation** Selon la vitesse d'écoulement de l'eau à travers le filtre, les particules retenues peuvent se fixer sur le milieu filtrant. Ce processus de fixation résulte de phénomènes tels que l'adsorption, la cohésion ou encore le piégeage à la surface du matériau filtrant.

**Étape 3 : Détachement** Au cours du processus de filtration, un nombre croissant de particules sont retenues et fixées sur le filtre. Le flux continu de l'eau peut alors entraîner le détachement de certaines particules le long du milieu filtrant, les faisant passer dans l'eau filtrée.[2]

### **I.2.2 (but)**

Le procédé de filtration peut être défini de manière théorique, avec une analyse des différents types de filtres utilisés à l'échelle industrielle et de leurs domaines d'application.

En fonction de la proportion de solides en suspension dans la solution à filtrer, on distingue principalement deux types de filtrations :

#### **a) Clarification de liquide**

Utilisée lorsque le liquide contient une très faible quantité d'impuretés solides ou colloïdales en suspension.

Le but est de clarifier le liquide en éliminant ces impuretés.

#### **b) Rétention ou extraction de solides**

Employée lorsque la proportion de solides en suspension atteint une certaine valeur, et que chaque phase, solide ou liquide, peut être récupérée pour un traitement ultérieur ou rejetée.

Cette méthode permet de séparer efficacement les solides du liquide, souvent dans des processus de production ou de traitement des eaux usées.

Il est également important de mentionner les filtrations de dégrossissage et de sécurité :

#### **c) Filtration de dégrossissage**

Vise à éliminer des impuretés grossières, généralement de l'ordre de quelques centaines de microns, présentes en très faible quantité dans le liquide.

Utilisée en prétraitement avant une filtration plus poussée (par exemple, avant une filtration sur cartouches ou sur membranes), ou en tant que mesure de protection pour les équipements tels que les échangeurs de chaleur, les pompes, etc.

#### **d) Filtration de sécurité**

Utilisée pour retenir des impuretés pouvant se trouver accidentellement dans un liquide déjà propre.

Par exemple, elle est utilisée dans la filtration de l'huile de table avant l'embouteillage pour s'assurer qu'aucune impureté n'est présente dans le produit final.[3]

### **I.2.3 Classification des Techniques de Filtration**

Deux techniques de filtration principales sont distinguées :

#### **a. Filtration Frontale**

La filtration frontale, la plus répandue, implique le passage du fluide à filtrer perpendiculairement à la surface du filtre. Ce procédé est couramment utilisé dans des

applications telles que les filtres à café. Les particules sont retenues par le filtre, cependant, cette méthode est sujette à l'accumulation des particules à la surface du filtre, entraînant éventuellement un colmatage.

**b. Filtration Tangentielle :**

En revanche, la filtration tangentielle implique le passage du fluide tangentiellement à la surface du filtre. Dans ce cas, la pression du fluide permet à celui-ci de traverser le filtre. Les particules demeurent dans le flux de circulation tangential, ce qui réduit considérablement le risque de colmatage. Toutefois, cette technique est réservée à la filtration des particules très fines, allant de l'échelle nanométrique jusqu'au micromètre.

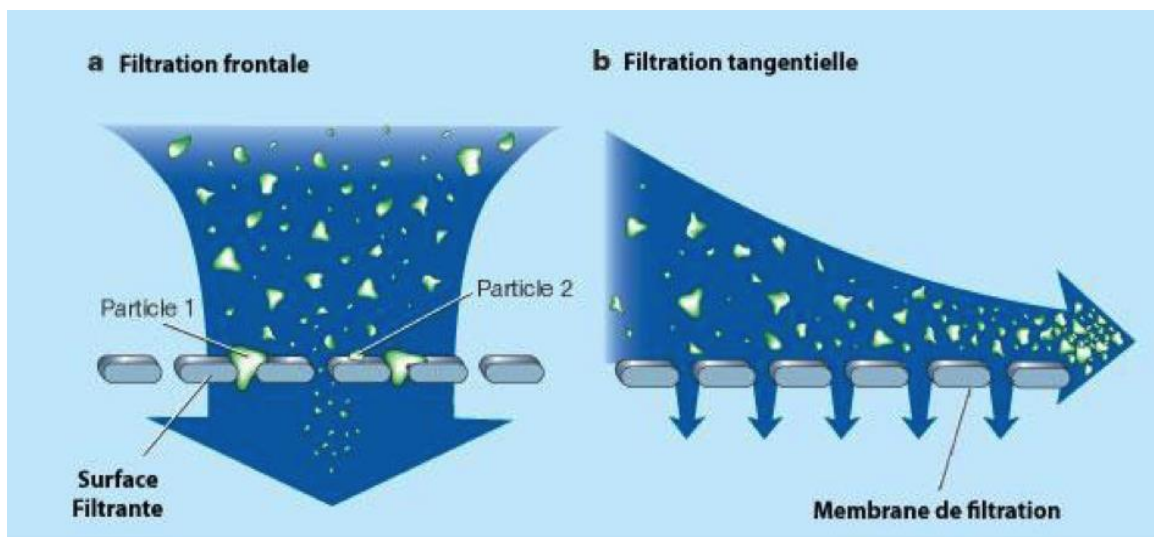


Figure 2:Schéma de principe de filtration.{4}

La terminologie de l'opération de filtration varie en fonction de la taille des pores du filtre:

- A. **Filtration clarifiant** : Les pores du filtre ont un diamètre compris entre 10 et 450 micromètres.
- B. **Microfiltration** : Les pores du filtre ont un diamètre compris entre 10 nm et 10 micromètres.
- C. **Ultrafiltration** : Les pores du filtre ont un diamètre compris entre 1 et 10 nm.
- D. **Osiose inverse** : Les pores du filtre ont un diamètre compris entre 0,1 et 1 nm.
- E. **Filtration stérilisante** : Les pores du filtre ont un diamètre inférieur à 0,22 micromètres, ce qui permet la rétention de micro-organismes [4].

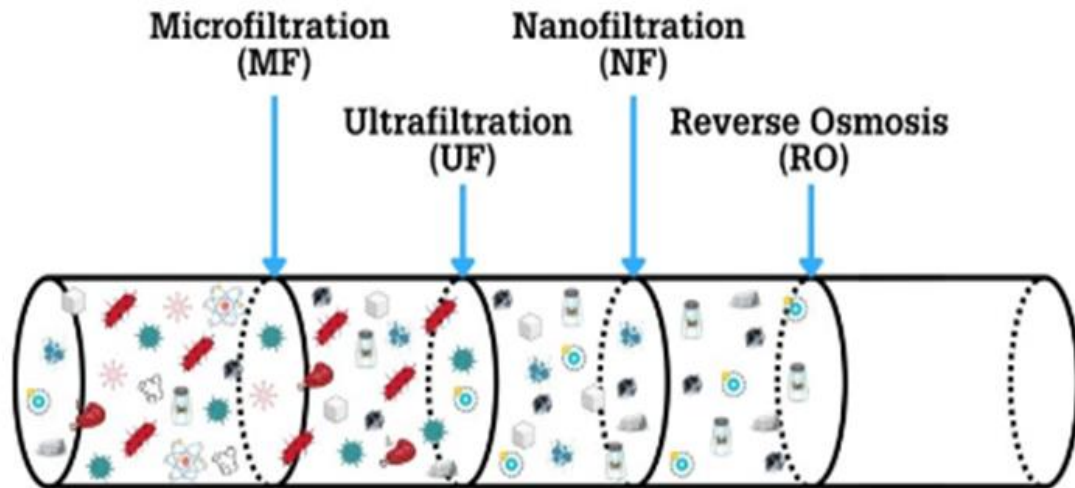


Figure 3:Schéma de l'opération de filtration varie en fonction de la taille des pores du filtre. [4]

## I.2.4 Mécanismes de Filtration

### I.2.4.1 Criblage (ou Tamisage)

Le criblage, également connu sous le nom de filtration en surface, est un processus mécanique où le filtre est une membrane perforée avec des pores calibrés de diamètres similaires. Ce filtre retient toutes les particules dont le diamètre dépasse celui des pores, ce qui en fait un filtre écran ou membrane.

- a) **Avantages** : Ne retient pas les liquides.
- b) **Inconvénients** : Risque de colmatage du filtre, qui peut être atténué en augmentant le diamètre du filtre ou en utilisant un préfiltre de plus grand diamètre. Capacité de rétention relativement faible.

### I.2.4.2 Adsorption

Également appelée filtration en profondeur, ce mécanisme implique la rétention de particules à l'intérieur du réseau poreux du filtre, même si leur taille est inférieure au diamètre des pores. Il s'agit d'un phénomène physique influencé par deux facteurs principaux :

- Un réseau poreux chargé électriquement.
- Des canalicules longs et fins fortement contournés.
- Les filtres constitués de cellulose, laine ou coton sont souvent utilisés.

- a) **Avantage** : Grande capacité de rétention.
- b) **Inconvénients**
  - Risque de relâchement des particules (relarguage ou désorption).
  - Adsorption de liquides.
  - Définition de la porosité peut être difficile.

### **I.2.5 Les matériaux de filtration**

Les fibres de cellulose ou de bois sont souvent utilisées comme matériaux de filtration, offrant une alternative aux terres de diatomées et à la perlite. Ces adjuvants organiques de filtration présentent de nombreux avantages techniques et économiques pour les utilisateurs.

En plus de leur capacité excellente à séparer les liquides des solides, ces adjuvants organiques de filtration sont économiques, respectueux de l'environnement, sûrs, fiables et performants.

Ces matériaux peuvent être utilisés dans une variété d'applications de filtration liquide-solide, couvrant divers secteurs tels que l'industrie chimique et pharmaceutique, l'agro-industrie, les boissons (jus de fruits, spiritueux), la métallurgie et le travail des métaux, ainsi que dans des applications environnementales telles que le traitement des eaux usées et le conditionnement des boues.

Pour plus d'informations sur les échelles de granulométrie utilisées en filtration conformément aux normes internationales et industrielles, des liens externes peuvent être consultés.[4]

### **I.3 Définition du filtre industriel**

Le filtre industriel est un dispositif ou une structure conçue(e) dans le but de séparer les particules solides ou les liquides indésirables du courant liquide ou gazeux dans un environnement industriel. Le filtre industriel est généralement composé d'un matériau filtrant contenant des ouvertures ou des pores de taille spécifique qui permettent uniquement le passage des matières souhaitées tout en empêchant le passage des matières indésirables. La conception du filtre industriel dépend des besoins spécifiques du processus industriel et des caractéristiques des matériaux à séparer, y compris la taille, la forme et la nature des particules à filtrer. Les filtres industriels sont utilisés dans une large gamme d'industries telles que le pétrole et le gaz, la chimie, l'alimentation, la pharmacie, l'électronique, et d'autres, dans le but d'améliorer la qualité du produit final et d'assurer la sécurité du processus industriel.[5]

#### **I.3.1 Les caractéristiques physiques des filtres**

Les caractéristiques physiques des filtres sont importantes pour comprendre leur efficacité dans différents types de filtration. Voici un résumé des principales caractéristiques :

##### **A. Capacité de rétention**

Correspond au diamètre de la plus grande particule solide qui peut passer à travers le filtre.

Pour le criblage, on parle de diamètre moyen des pores, tandis que pour l'adsorption, on parle de seuil de rétention.

### B. Diamètre moyen des pores

La porosité représente le diamètre maximum des particules retenues par le filtre.

Elle est déterminée en mesurant la pression nécessaire pour faire apparaître la première bulle d'air à travers le filtre, puis en augmentant progressivement la pression pour obtenir le diamètre moyen des pores.

On calcule deux valeurs de porosité : le diamètre des plus gros pores et la porosité proprement dite du filtre.

$$d = 4 \frac{K\alpha}{P} \left\{ \begin{array}{l} d, \text{ Diamètre des pores} \\ K, \text{ Constante des conductions opératoires} \\ \alpha, \text{ Tension superficielle du liquide} \\ P, \text{ Pression} \end{array} \right\}$$

### C. Seuil de rétention

C'est le diamètre de la plus grande particule sphérique solide qui peut passer à travers le filtre dans des conditions données, correspondant à 1 % des particules d'un diamètre donné retenues par le filtre.

### D. Débit de filtration

- Quantité de filtrat recueillie pendant une unité de temps.
- Déterminé théoriquement par la formule de Poiseuille.

Augmente avec la surface, la pression et le diamètre des pores, mais diminue avec la viscosité du fluide et l'épaisseur du filtre.

N'est pas constant en raison du phénomène de colmatage, qui ralentit la filtration en augmentant l'épaisseur du filtre et en réduisant le diamètre des pores.

$$V = \frac{N \cdot dP \cdot R^4}{8 \cdot \eta \cdot L} \left\{ \begin{array}{l} V, \text{ Débit en mL / min} \\ N, \text{ Nombre de canaux (proportionnel la surface)} \\ dP, \text{ Différence de pression entre les deux faces du filtre} \\ R, \text{ Rayon moyen des pores} \\ L, \text{ épaisseur du filtre} \end{array} \right\}$$

## I.3.2 Les caractéristiques des performances des filtres

Les caractéristiques des performances des filtres sont cruciales pour évaluer leur efficacité dans la séparation des particules. Voici un résumé des principales caractéristiques :

### A) Pouvoir de séparation

- Il doit être homogène et stable dans le temps.

- Dépend de la structure du filtre avec une répartition homogène des pores.
- Le diamètre des pores ne doit pas évoluer avec le temps pour maintenir la stabilité du pouvoir de séparation.

### **B) Efficacité nominale**

C'est une valeur arbitraire relative basée sur le pourcentage de rétention (en millions de particules) par rapport à une valeur de référence donnée par le fabricant.

La définition de l'efficacité nominale peut varier entre les fabricants. Certains la basent sur le pourcentage de rétention des particules de taille égale au seuil de filtration, tandis que d'autres la basent sur le pourcentage de rétention des particules de taille égale ou supérieure au seuil de filtration, ce qui peut donner des valeurs différentes.

La variété des définitions rend la comparaison entre les filtres difficile pour les utilisateurs.

### **C) Efficacité absolue**

Correspond au diamètre de la plus grande particule sphérique et indéformable qui peut traverser le filtre dans des conditions de test spécifiées.

C'est une mesure précise de la capacité du filtre à retenir les particules, sans ambiguïté liée à des définitions variables comme dans le cas de l'efficacité nominale.[4]

## **I.2.3 Le rôle du filtre**

Le rôle du filtre est essentiel dans tout système de filtration des liquides tels que l'eau, les huiles ou les gaz. Le filtre vise à éliminer les impuretés et les particules solides du liquide ou du gaz avant son utilisation ou son traitement. Il a plusieurs rôles importants, notamment :

### **A) Purification des liquides**

Le filtre élimine les impuretés solides telles que le sable, la boue et la saleté du liquide, améliorant ainsi la qualité du liquide et préservant la sécurité et l'efficacité des processus utilisant ce liquide.

### **B) Protection des systèmes**

Le filtre protège les équipements, les tuyaux et autres dispositifs des systèmes industriels contre les dommages et la corrosion causés par la présence d'impuretés, ce qui prolonge la durée de vie des systèmes et réduit les coûts de maintenance.

### **C) Amélioration de la qualité des produits**

Dans de nombreuses industries telles que l'alimentaire, les boissons et les produits chimiques, le filtre joue un rôle essentiel en garantissant la qualité des produits finis en éliminant les impuretés et les particules indésirables.

## D) Amélioration de l'efficacité des opérations

En purifiant les liquides et en améliorant leur qualité, le filtre peut contribuer à augmenter l'efficacité des opérations industrielles et à réduire les pertes.

En général, le filtre est un élément essentiel pour maintenir la propreté et la qualité des liquides, améliorer l'efficacité des opérations industrielles et de nombreuses autres applications

### I.4 Types de filtres industriels

Il peut exister plusieurs types de filtres dans l'industrie, dont les anciens qui ne sont plus utilisés en raison de leurs nombreux inconvénients, et les plus récents qui présentent moins d'inconvénients.

#### I.4.1 Les filtres presses

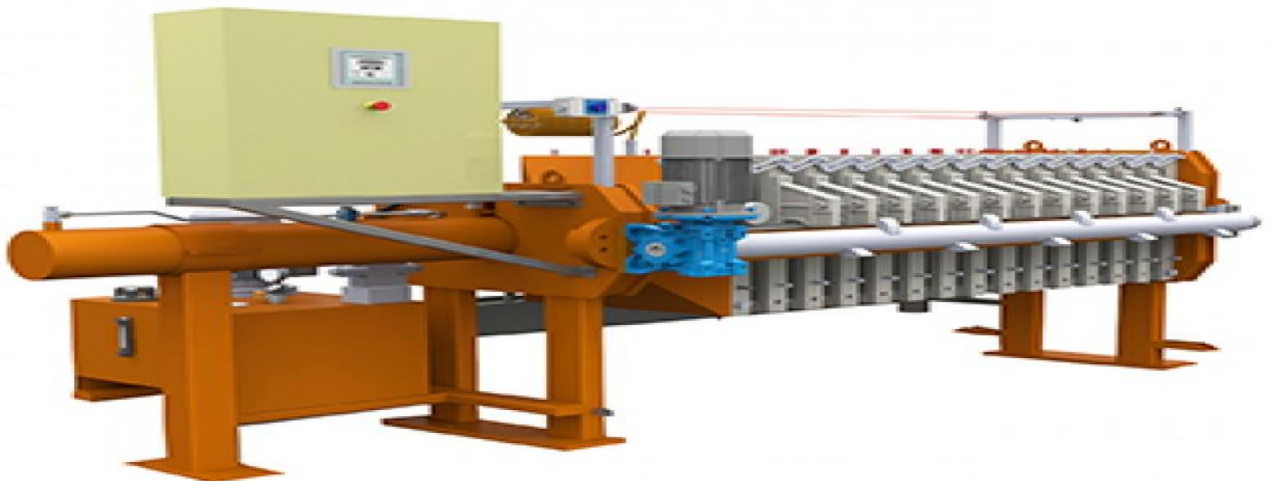


Figure 4 :Schéma d'un filtre à presse. [6]

Les filtres presses ont été largement utilisés dans l'industrie jusqu'aux années 1980 pour effectuer une grande partie de la filtration industrielle. Leur principal avantage résidait dans leur coût d'investissement relativement bas. Cependant, ils présentaient également des inconvénients, notamment un coût de maintenance élevé, en particulier pour le nettoyage des gâteaux de filtration.

Le nettoyage des gâteaux de filtration était non seulement coûteux en termes de main-d'œuvre, mais également très salissant, ce qui rendait difficile de trouver du personnel prêt à effectuer cette tâche. Cette contrainte a été partiellement résolue par l'introduction des filtres presses automatiques, qui réduisent la nécessité d'une intervention manuelle pour le

nettoyage. Cependant, ces filtres presses automatiques sont plus coûteux à l'achat, ce qui annule en partie l'avantage économique initial de cette technologie.

Ainsi, bien que les filtres presses aient été largement utilisés dans le passé en raison de leur coût d'investissement réduit, leur coût de maintenance élevé et les défis associés au nettoyage des gâteaux de filtration ont conduit à l'adoption progressive de technologies de filtration plus automatisées et moins coûteuses à long terme[6].

#### I.4.2 Les filtres à poche ou à panier

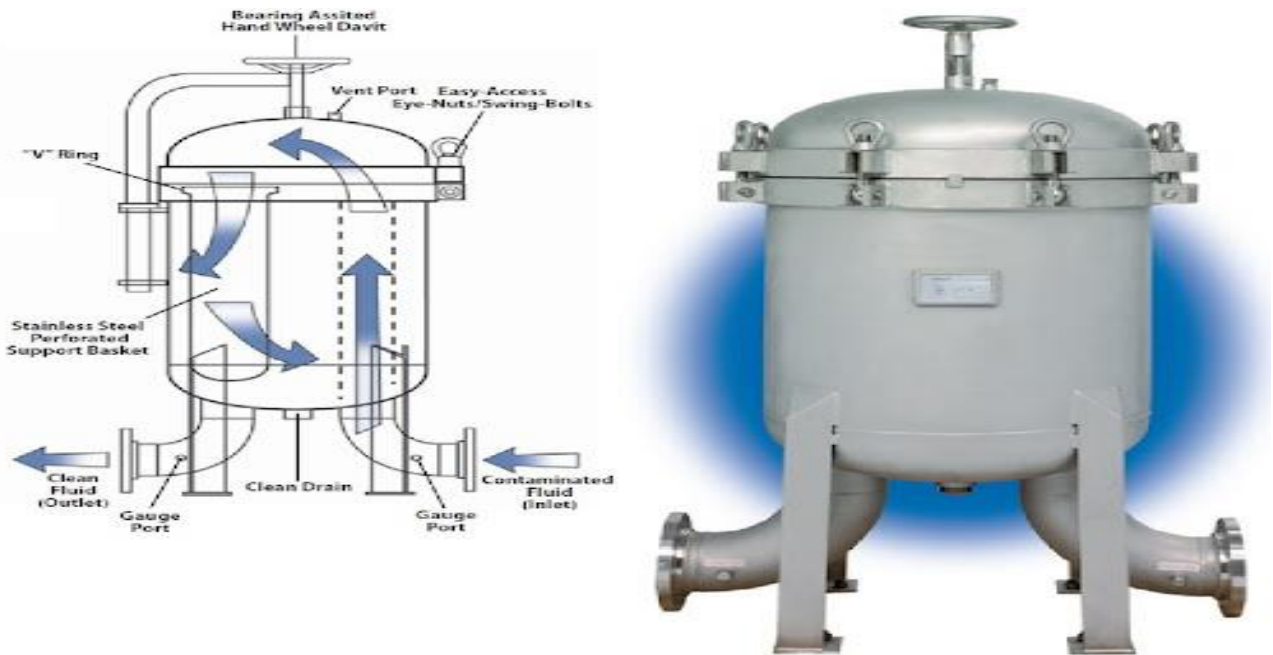


Figure 5 :Schéma d'un filtre à poche ou à panier. [6]

Le filtre à poche est largement utilisé comme dispositif de filtration en raison de ses nombreux avantages. Dans cette option, la finesse de la filtration peut être facilement ajustée en remplaçant simplement la poche filtrante, ce qui permet d'adapter la filtration de 0,5  $\mu\text{m}$  jusqu'à 1 mm.

Ces filtres sont économiquement avantageux pour les eaux contenant de nombreuses particules en suspension. Cependant, ils posent un sérieux problème de fiabilité. Il arrive parfois qu'une poche ou un panier cède sous l'effet de la pression accrue lorsque le gâteau de filtration se développe. Cela peut entraîner une libération massive et soudaine de particules dans l'eau traitée, ce qui peut avoir des conséquences catastrophiques sur l'équipement que le filtre est censé protéger.

Ainsi, bien que les filtres à poche offrent une grande flexibilité en termes de finesse de filtration, leur manque de fiabilité peut poser un risque sérieux pour les systèmes où ils sont

utilisés. Il est important de prendre en compte ce facteur lors de leur utilisation et de mettre en place des mesures de sécurité appropriées pour minimiser les risques de défaillance.[6]

#### **I.4.3 Les filtres à cartouches lavables et filtres autonettoyants :**

Sous les différents noms de filtres autonettoyants, on trouve une grande variété de technologies, et souvent ces nouveaux filtres sont présentés comme la solution à tous les problèmes de filtration. Bien qu'ils offrent des avantages en termes de coûts de fonctionnement, il est important de prendre conscience de leurs inconvénients, ce qui limite leurs applications :

- a) **Coût d'investissement élevé :** Généralement, les filtres autonettoyants exigent un investissement initial important, ce qui peut être prohibitif pour certaines entreprises ou applications.
- b) **Seuil de filtration limité :** Les filtres autonettoyants ont un seuil de filtration de quelques dizaines de micromètres, ce qui peut être insuffisant pour certaines applications, comme la préfiltration pour un osmoseur, nécessitant des niveaux de filtration plus fins.
- c) **Complexité de l'installation :** L'installation de ces filtres est relativement complexe, nécessitant souvent des ajustements et des configurations spécifiques pour s'adapter à l'environnement et aux exigences de filtration.
- d) **Rejet d'eau chargée en particules lors du nettoyage :** Lors du nettoyage périodique, ces filtres rejettent une eau fortement chargée en particules, ce qui peut poser des défis environnementaux et nécessiter un traitement spécial avant de pouvoir être évacuée dans les égouts. Cela ajoute de la complexité à l'installation et peut entraîner des coûts supplémentaires.

En résumé, bien que les filtres autonettoyants offrent des avantages en termes de coûts de fonctionnement et de maintenance, il est essentiel de prendre en compte leurs limitations, y compris le coût initial élevé, le seuil de filtration limité, la complexité de l'installation et les défis liés au rejet des particules lors du nettoyage. Ces facteurs doivent être soigneusement évalués avant de choisir cette technologie pour une application spécifique[6].

#### **I.4.2 Filtre a tambour :**

Le filtre cylindrique est considéré comme l'un des plus anciens filtres utilisés dans la séparation des solides et des liquides et le premier dans la filtration mécanique. Cet équipement est en acier inoxydable.

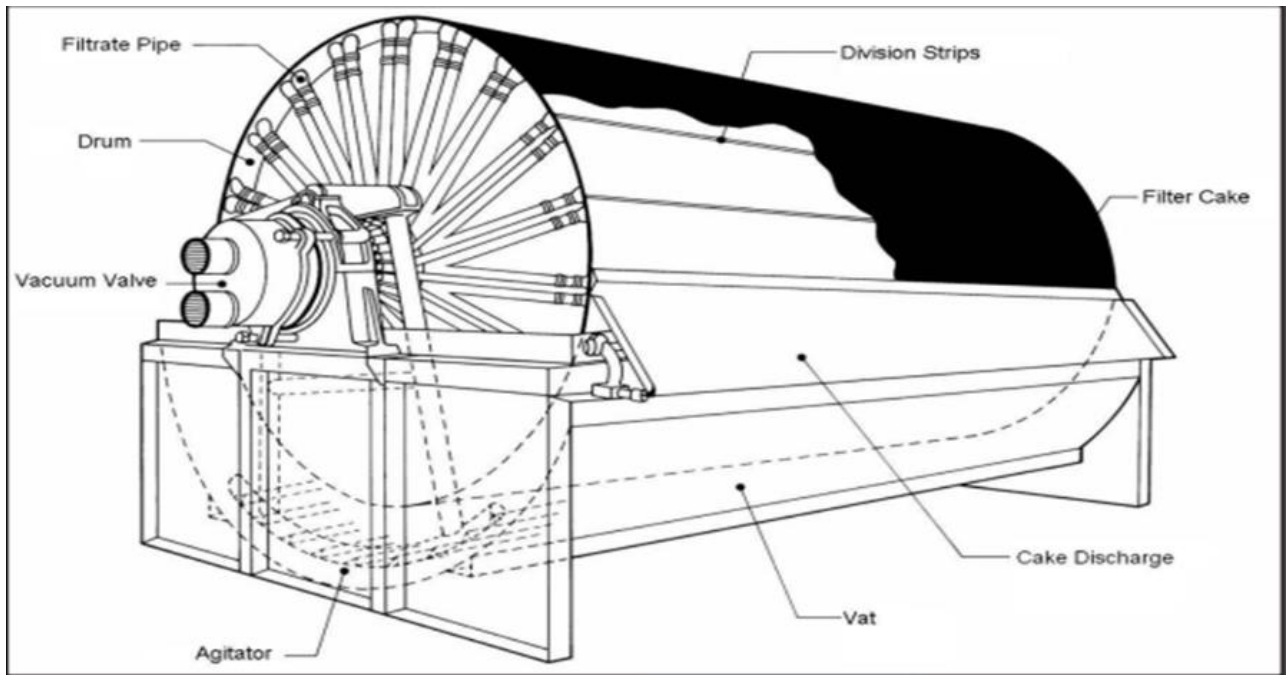


Figure 6:Schéma d'un filtre à filtre a tambour.[7]

#### I.4.2.1 Fonction

Le filtre est spécifiquement conçu et fabriqué pour éliminer les débris solides en suspension dans les systèmes d'eau courante non pressurisés. Cette conception vise à garantir la qualité de l'eau en éliminant les particules indésirables qui pourraient être présentes dans l'eau provenant de sources telles que les puits, les rivières ou les lacs.

#### I.4.2.2 Principe de fonctionnement

Le fonctionnement d'un filtre à tambour est relativement simple mais efficace. Voici comment cela se déroule :

1. **Alimentation en eau :** L'eau chargée de particules est acheminée vers le filtre à tambour, soit par gravité, soit à l'aide d'une pompe.
2. **Filtration :** L'eau entre à l'intérieur du tambour à travers la paroi perforée. À l'intérieur du tambour, une maille filtrante est montée, dont la taille varie en fonction des solides présents dans l'eau. Cette maille filtre les débris alors que l'eau s'écoule à travers elle vers l'extérieur du tambour.
3. **Nettoyage automatique :** Pendant le processus de filtration, le tambour tourne grâce à un moteur d'entraînement. Lorsque le filtre se colmate, un dispositif de commande automatique détecte le changement de niveau d'eau. Pour nettoyer le tambour, de l'eau sous pression est injectée à travers des buses situées à l'extérieur du tambour. Ces buses projettent de l'eau à l'intérieur du tambour, ce qui déloge les impuretés accumulées sur la maille filtrante.

4. **Évacuation des impuretés** : Les impuretés délogées par le jet d'eau sont évacuées du filtre par une goulotte. L'eau propre, maintenant purifiée des particules solides, continue de s'écouler à travers la maille filtrante vers l'extérieur du tambour.
5. **Évacuation de l'eau purifiée** : L'eau purifiée est ensuite évacuée par une gouttière vers le système de distribution ou vers d'autres processus.

Ce processus se déroule de manière continue, assurant un flux constant d'eau propre tout en éliminant efficacement les particules solides en suspension.[8]

**a. Les avantages**

- Efficacité de filtration
- Économie de temps et d'efforts
- Facilité d'entretien
- Gain d'espace
- Adaptabilité de performance
- Contribution à la durabilité

**b. Les inconvénients**

- Coûts d'exploitation et de maintenance élevés
- Sensibilité à la pollution
- Risque de fuites et de contamination
- Complexité de l'opération et du nettoyage
- Limitations dans le traitement de certaines impuretés
- Impact sur le débit d'eau

**I.4.3 Filtre à disque**

Système de filtration permettant d'éliminer les impuretés d'un liquide en lui faisant traverser un élément axial cylindrique équipé de mailles filtrantes.

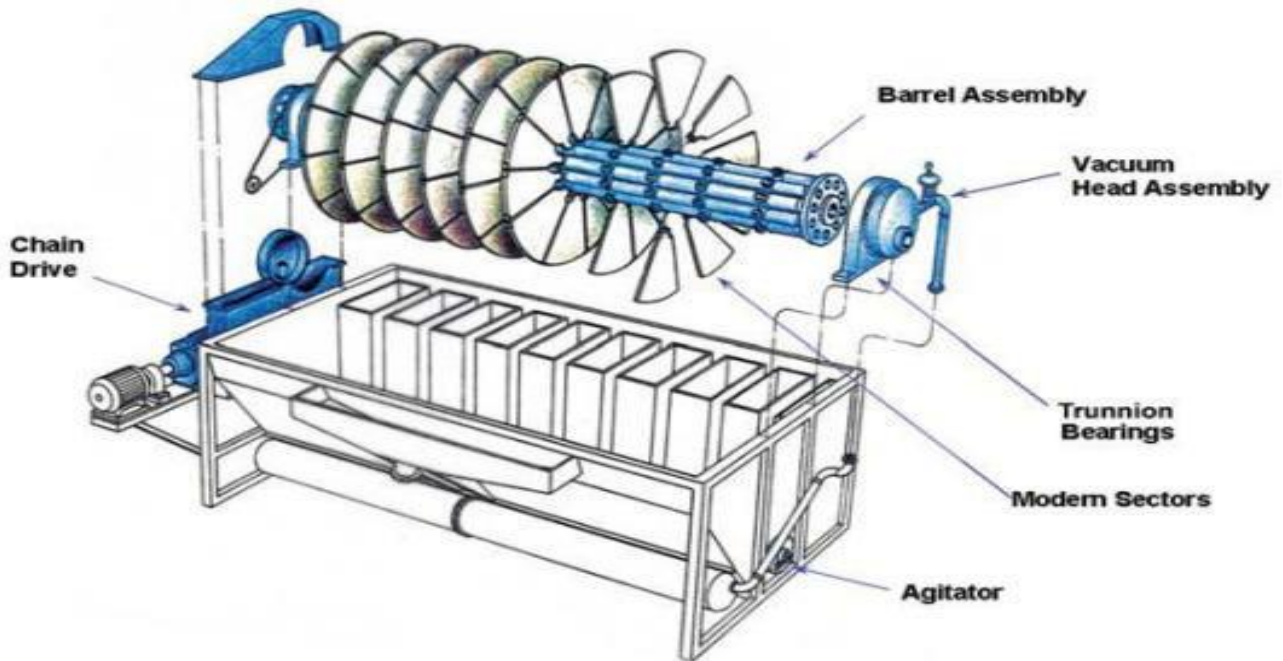


Figure 7 :Schéma d'un filtre à filtre a disque.[9]

#### I.4.3.1 Principe de fonctionnement

Le filtre à disque est un système sophistiqué conçu pour la microfiltration de l'eau, souvent utilisé dans la dernière phase de traitement des eaux usées. Voici comment fonctionne ce système :

1. **Direction du flux** : Le débit d'eau circule de l'intérieur vers l'extérieur à travers le filtre à disque. Cette direction du flux permet une filtration efficace des particules solides en suspension.
2. **Alimentation en eau** : L'eau contaminée entre dans le système par une bride d'alimentation et rejoint un tube situé au centre du filtre à disque. Ce tube guide l'eau vers les secteurs de filtration du filtre.
3. **Filtration** : Pendant le processus de filtration, les particules solides en suspension sont arrêtées à l'intérieur du filtre. Les secteurs de filtration du filtre à disque capturent ces particules tandis que l'eau traverse les mailles du filtre, laissant derrière elle les impuretés retenues.
4. **Nettoyage à contre-courant** : Lors que les mailles du filtre à disque commencent à se colmater, un processus de nettoyage automatique est déclenché. Les disques rotatifs du filtre à disque sont activés, et un lavage à contre-courant est effectué pour nettoyer les mailles du filtre. Ce lavage à contre-courant permet de déloger et d'éliminer les particules accumulées, empêchant ainsi l'encrassement du filtre.

5. **Évacuation des particules solides** : Les particules solides détachées pendant le processus de nettoyage sont éjectées dans un canal placé dans le tube central du filtre à disque. De là, elles sont dirigées vers une bride de décharge, où elles sont évacuées du système.
6. **Circuit fermé de l'eau de lavage** : Pour assurer un cycle efficace de nettoyage à contre-courant, l'eau utilisée pendant le processus de lavage est souvent recyclée dans un circuit fermé grâce à une pompe submersible ou une pompe centrifuge externe. Cela permet d'économiser de l'eau et de maintenir l'efficacité du système.
7. **Filtre complémentaire** : Pour éviter l'encrassement des circuits, un filtre complémentaire peut être placé avant la bride de sortie pour filtrer toute particule résiduelle dans l'eau purifiée avant sa sortie du système.

En résumé, le filtre à disque est un élément crucial dans les systèmes de traitement des eaux usées, offrant une microfiltration efficace et un processus de nettoyage automatique pour maintenir sa performance à long terme [9]

#### **I.4.3.2 Les avantages**

Efficacité de filtration élevée.

Faible encombrement, ce qui permet un gain d'espace.

Facilité d'installation et de maintenance.

Capacité à traiter de grandes quantités de liquide.

Peu de pièces mobiles, réduisant ainsi le risque de pannes.

Possibilité de réglage de la vitesse de rotation des disques pour une performance optimale.

#### **I.4.3.3 Les inconvénients**

- Coût initial relativement élevé.
- Sensibilité aux particules fines, nécessitant parfois un prétraitement de l'eau.
- Risque de colmatage des disques en cas de charge de particules élevée.
- Nécessité d'un nettoyage régulier pour maintenir une efficacité de filtration optimale.
- Impact potentiel sur la qualité de l'eau traitée en cas de dysfonctionnement ou de maintenance inadéquate.
- Besoin d'une alimentation électrique pour faire fonctionner le système, ce qui peut être un inconvénient dans certaines zones éloignées ou avec des ressources limitées

#### **I.4.4 Filtre à sable**

Un filtre à sable est un type de filtre mécanique fréquemment constitué de sable disposé en couches de granulométrie croissante de haut en bas. Souvent utilisé pour le traitement

d'eau et l'obtention d'un fort degré de purification, non seulement par l'élimination des matières en suspension mais également par la dégradation de la matière organique dissoute.

Il en existe plusieurs types, notamment :

#### I.4.4.1 Le premier type

Il s'agit d'un filtre à lit profond avec un flux ascendant et un nettoyage continu du lit filtrant. Il répond aux normes les plus élevées en matière de qualité de l'eau traitée. Le système est très efficace car il n'est pas nécessaire d'interrompre le processus de lavage du sable pour les cycles de rétro-lavage.

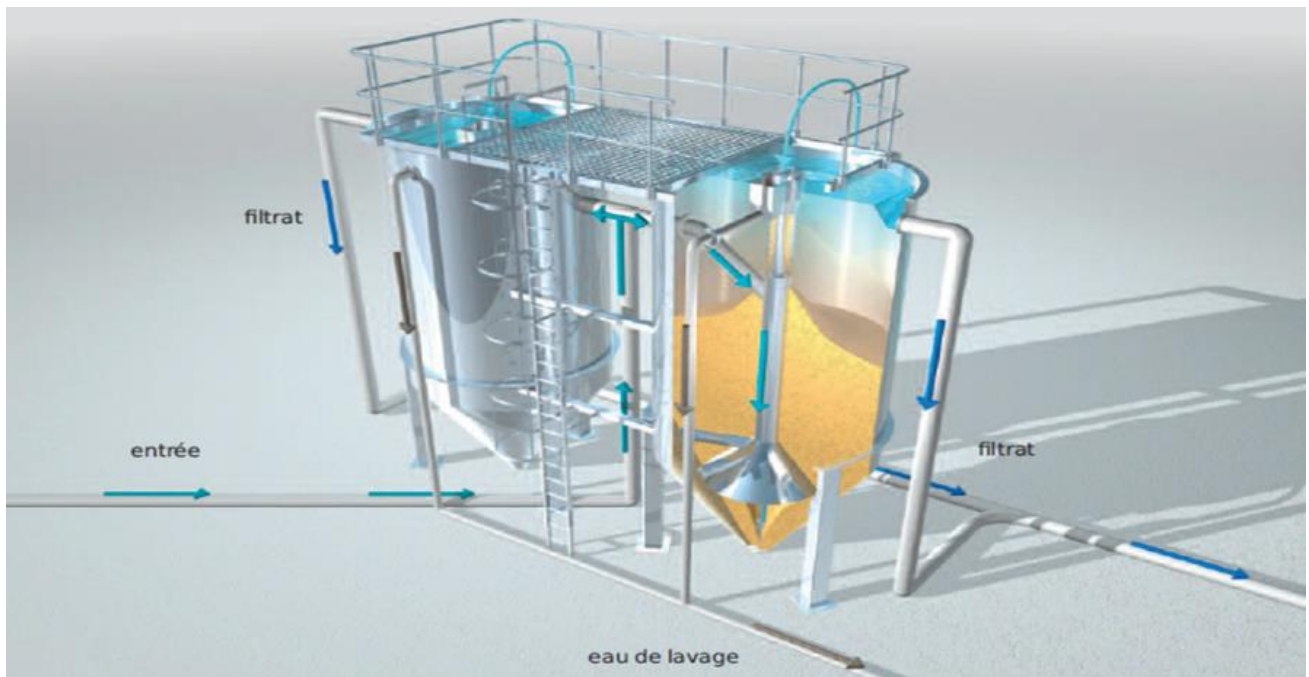


Figure 8:Schéma d'un filtre à sable.[10]

- **Principe de fonctionnement**

Le filtre à sable est disponible en cuve en acier inoxydable ou peut être installé dans une cuve en béton. Sa conception modulaire garantit un traitement optimal pour tout débit. L'eau traitée est introduite dans le filtre à sable par une série d'entrées radiales au fond du filtre. Comme le flux d'eau va de bas en haut à travers le lit de sable, les particules solides présentes dans l'eau sont retenues dans le filtre à sable. L'eau traitée est évacuée par un déversoir situé en haut du filtre. Le lit de sable, ainsi que les sédiments accumulés, sont aspirés vers le bas jusqu'au fond de la cuve par une pompe à air-lift, située au centre du filtre. La pompe à air-lift transporte le mélange vers le haut où se trouve l'appareil de lavage du sable. À l'intérieur de l'appareil de lavage, les sédiments sont séparés du sable filtrant à l'aide d'une petite partie du flux d'eau traitée. Le sable propre retombe vers le bas sur le lit, générant ainsi une circulation interne du sable.[10]

#### I.4.4.2 Le deuxième type

Le filtre à gravier est un réservoir de diamètre fixe avec plusieurs caractéristiques il possède un trou de service supérieur et un trou de service latéral, ainsi qu'un distributeur d'eau d'entrée situé en haut. À l'intérieur, il contient un média de filtration, généralement composé de gravier, et au fond de la chambre de filtration, on trouve des éléments filtrants ainsi qu'un trou de sortie pour l'eau filtrée.



Figure 9:Schéma d'un filtre à gravier.[11]

- **Principe de fonctionnement**

L'eau entre dans le filtre par l'entrée et se répand uniformément sur le milieu. À l'intérieur du filtre se trouve une couche de 40 cm de gravier volcanique, avec une taille réelle de 0,8 mm à 1,2 mm L'eau passe à travers ce milieu.

La profondeur du milieu à l'intérieur du filtre doit être exactement de 40 cm, ni moins ni plus. Cette profondeur est l'un des paramètres les plus importants pour la qualité de la filtration. En raison de cette profondeur de 40 cm et de la grande surface de la couche de milieu, les particules d'impuretés et les matières organiques sont capturées à la surface du milieu. La plupart des impuretés sont arrêtées à la surface supérieure. Les autres petites particules et matières flottantes sont capturées à la surface des particules du milieu sur toute la profondeur de 40 cm.

L'eau qui traverse le filtre et s'écoule à travers les éléments filtrants sera dépourvue de toutes les impuretés et ne bloquera pas les éléments d'irrigation tels que les microdiffuseurs et les systèmes goutte-à-goutte. Si la profondeur était inférieure à 40 cm, une partie des matières organiques passerait à travers et s'accumulerait dans les systèmes de goutte-à-goutte. [11]

**a. Avantages**

1. **Efficacité de filtration** : Le filtre à sable est très efficace pour éliminer les impuretés et les particules solides de l'eau.
2. **Polyvalence** : Il peut être utilisé dans une variété d'applications, y compris le traitement de l'eau potable, des eaux usées et des eaux de process industriels.
3. **Coût initial abordable** : Comparé à certaines autres technologies de filtration, le filtre à sable peut avoir un coût initial relativement bas.
4. **Faible coût de fonctionnement** : Une fois installé, le filtre à sable a généralement un faible coût de fonctionnement et d'entretien.
5. **Durabilité** : Avec un entretien régulier, un filtre à sable peut durer longtemps et offrir une performance constante.

**b. Inconvénients**

1. **Entretien régulier nécessaire** : Le filtre à sable nécessite un entretien régulier, y compris le nettoyage et le remplacement du sable filtrant.
2. **Espace requis** : Les filtres à sable peuvent nécessiter un espace considérable pour leur installation, ce qui peut être un inconvénient dans les espaces restreints.
3. **Perte de charge** : Avec le temps, la perte de charge à travers le filtre à sable peut augmenter, ce qui peut nécessiter des ajustements ou des remplacements.
4. **Possibilité de colmatage** : Dans certaines conditions, le sable filtrant peut se colmater, ce qui réduit l'efficacité de filtration et nécessite un nettoyage supplémentaire.
5. **Besoin de prétraitement** : Dans certains cas, un prétraitement de l'eau peut être nécessaire pour protéger le filtre à sable et maintenir son efficacité

## **Conclusion**

En conclusion, on peut dire que le domaine des filtres industriels et du filtrage connaît un développement continu et une grande diversité dans les technologies utilisées. Ces filtres sont essentiels dans les processus de traitement de l'eau et de purification des liquides dans diverses industries, que ce soit dans la production alimentaire, la fabrication de médicaments, la fabrication, et bien d'autres encore.

Malgré cette grande diversité de technologies, plusieurs facteurs doivent être pris en compte lors du choix du type de filtres appropriés, notamment les exigences de filtration, la qualité du liquide à purifier, les coûts d'exploitation et de maintenance, ainsi que d'autres facteurs techniques et économiques.

De plus, il convient de tenir compte de l'innovation continue dans ce domaine, ce qui conduit au développement de nouvelles technologies offrant une filtration plus efficace et une amélioration des performances des industries qui en dépendent.

Dans l'ensemble, les filtres industriels et le filtrage jouent un rôle vital dans l'assurance de la qualité et de la sécurité des processus industriels, tout en contribuant à la préservation de l'environnement et à la conservation des ressources naturelles. Avec les évolutions continues dans ce domaine, on s'attend à ce que l'importance et les applications de ces technologies continuent à croître dans le futur.

**Chapitre II**  
**Exemples de calcul des filtres**  
**industriels**

## Introduction

L'opération de filtration et l'utilisation de filtres industriels sont des aspects cruciaux des processus de séparation et de purification des liquides et des matières solides. Ces opérations sont utilisées dans une variété d'industries, notamment l'industrie chimique, alimentaire, pharmaceutique, manufacturière, et bien d'autres encore. Comme la filtration implique le passage des liquides à travers un filtre pour retenir les particules indésirables, comprendre et calculer les paramètres et variables liés à la filtration est vital pour améliorer l'efficacité du processus et réduire les coûts et les pertes. C'est pourquoi nous avons abordé dans ce chapitre les calculs les plus importants liés à la filtration et aux filtres industriels.

## Aspects théoriques de la filtration sur support

### Définition de la résistance spécifique réelle et apparente

La rationalisation d'un écoulement liquide à travers un gâteau de filtration déposé sur un milieu filtrant [26] est définie par l'équation de Darcy :

$$Q = \frac{dv}{dt} = \frac{\Delta p}{\mu R} \quad (1)$$

- $V$  : est le volume de liquide par unité de surface.
- $T$  : est le temps.
- $\Delta p$  : est la différence de pression totale à travers le gâteau et le milieu filtrant.
- $\mu$  : est la viscosité dynamique du filtrat.

Si le débit d'écoulement est constant à travers le gâteau filtrant et le milieu filtrant, la résistance totale  $RR$  est la somme des résistances individuelles du gâteau  $Rc$  et du milieu filtrant  $Rm$ . Cette relation est exprimée par  $R=Rc+Rm$

Alors :

$$\frac{dv}{dt} = \frac{\Delta p}{\mu(Rc + Rm)} \quad (2)$$

Au fur et à mesure que la filtration progresse, l'épaisseur du gâteau augmente, entraînant une augmentation de sa résistance à l'écoulement. Pour quantifier cette augmentation de la résistance, il est préférable d'utiliser la masse de solides secs dans le gâteau plutôt que l'augmentation de son épaisseur. Si  $w$  représente la masse de solides secs dans le gâteau par unité de surface de filtration, alors la résistance du gâteau  $Rc$  peut être exprimée en fonction de cela. Ainsi, l'équation (2) devient :

$$\frac{dv}{dt} = \frac{\Delta p}{\alpha \mu w + \mu Rm} \quad (3)$$

La résistance spécifique  $\alpha$  est déterminée par cette équation. Physiquement, elle représente la résistance d'un gâteau ayant un poids unitaire de solides secs par unité de surface. La chute de pression totale  $\Delta p$  peut être séparée en deux parties :  $\Delta p_c$ , la différence de pression dans le gâteau, et  $\Delta p_m$ , la différence de pression dans le milieu filtrant. Par conséquent,  $\Delta p = (\Delta p_c + \Delta p_m)$  On peut alors simplement démontrer que la proportion de  $\Delta p$  qui se produit dans le gâteau est liée à la résistance. Cela est donné par l'équation suivante :

$$\frac{\Delta p_c}{\Delta p} = \frac{R_c}{R_c + R_m} = \frac{R_c}{R_c + R_m} \quad (4)$$

Si la résistance du milieu filtrant est nulle (c'est-à-dire égale à zéro), alors toute la chute de pression se produit dans le gâteau filtrant. En revanche, si la résistance du milieu filtrant est relativement élevée, surtout en cas de colmatage du filtre ou de la toile, la chute de pression à travers le gâteau  $\Delta p_c$  représente seulement une petite fraction de la pression totale disponible  $\Delta p$ . Cette propriété des variations de la résistance spécifique du milieu, modifiant la chute de pression à travers le gâteau, peut avoir un impact significatif sur les caractéristiques des gâteaux compressibles.

En supposant que la résistance du milieu filtrant est nulle (égale à zéro), l'équation (3) devient :

$$\alpha = \Delta p \left( \frac{1}{\mu} \frac{1}{w} \frac{1}{dv/dt} \right) \quad (5)$$

La résistance spécifique peut être définie de manière pratique comme la pression nécessaire pour induire une vitesse d'écoulement unitaire à travers un gâteau, ayant un poids unitaire de solides secs par unité de surface [27], lorsque la viscosité du liquide est égale à l'unité. Ainsi, pour toute valeur donnée de la viscosité  $\mu$  et de  $w$  (la masse de solides secs par unité de surface), plus la résistance spécifique est élevée, plus la pression nécessaire pour produire un débit donné ( $dv/dt$ ) est grande.

### **Gâteaux compressibles**

Pour comprendre les équations utilisées pour les gâteaux compressibles, il est crucial de considérer l'action des forces agissant sur les particules constituant le gâteau à travers sa profondeur [28]. Tout d'abord, cela sera envisagé pour un gâteau incompressible, puis pour un gâteau compressible.

Dans un premier temps, pour un gâteau filtrant idéal composé de particules rigides de même taille, lorsque le fluide s'écoule à travers le gâteau avec une chute de pression  $\Delta p$ , il se

crée un gradient de pression à travers le gâteau. Les particules plus proches de la surface supérieure du gâteau subissent une force dirigée vers le bas proportionnelle à  $\Delta p$ , absorbant ainsi une partie de la différence de pression totale lorsque le liquide se déplace autour d'elles. Cette force est transmise aux particules sous-jacentes, qui subissent également une force due à la différence de pression du liquide autour d'elles. Cette transmission de forces entre les particules se répète à mesure qu'elles se déplacent vers le bas à travers le gâteau, augmentant ainsi les forces entre elles.

Si le gâteau est incompressible, ces forces ne modifient pas sa structure et le gradient de pression reste linéaire. Cependant, si les particules se déforment sous l'action des forces, celles situées dans les couches supérieures du gâteau se déforment moins que celles situées dans les couches inférieures, où la force est maximale. Cette déformation réduit l'espace entre les particules, augmentant ainsi la résistance spécifique, surtout là où la déformation est la plus importante.

Dans un gâteau compressible, au fur et à mesure que la filtration progresse, la résistance du gâteau augmente. Initialement, la résistance du milieu contrôle le débit d'écoulement, mais dès que le gâteau commence à se former, sa résistance commence à influencer la vitesse d'écoulement. La répartition de la chute de pression entre le milieu et le gâteau dépend de la relation entre leurs résistances respectives. À un certain point, la résistance du gâteau devient prédominante, absorbant la majorité de la chute de pression totale. L'accumulation supplémentaire de gâteau augmente la résistance globale, mais la chute de pression à travers le gâteau augmente légèrement. À ce stade, la résistance du milieu peut être considérée comme négligeable. Ainsi, au fur et à mesure de la filtration, les particules se déforment davantage, augmentant la concentration en solides et déplaçant le liquide.[29]

Sjenitzer a montré que dans un gâteau filtrant, bien qu'il y ait un gradient de concentration de solides, la concentration moyenne reste constante avec l'accumulation du gâteau, tout comme la résistance spécifique moyenne. Cependant, ces conditions ne sont valables que si la perte de charge à travers le gâteau reste constante, ce qui est rarement le cas en pratique. Pour les tests avec un entonnoir Buchner, où l'élimination initiale du filtrat est exclue pour garantir que la résistance du milieu est négligeable par rapport à celle du gâteau, certaines conditions doivent être respectées, notamment la déformation instantanée du gâteau pour atteindre un équilibre de concentration de solides. En résumé, lorsque la résistance du milieu est insignifiante, l'équation différentielle pour la filtration d'un gâteau compressible est déduite de manière appropriée.

$$\frac{dv}{dt} = \frac{\Delta p}{\mu R} \frac{1}{\alpha c V} \quad (6)$$

C'est une fonction des concentrations en solides de la suspension et du gâteau, et peut être considérée comme constante pour une suspension et une pression de filtration spécifiques, étant donné que  $Rm$  est négligeable. De même,  $\alpha$  peut être considéré comme constant si  $\mu$  est constant. En intégrant l'équation (6), nous arrivons à.

$$\frac{T}{v} = \frac{\mu \alpha c}{2 \Delta p} V \quad (7)$$

Si  $V$  représente le volume du filtrat obtenu à travers la surface filtrante  $A$ , alors

$$\frac{t}{v} = \frac{\mu \alpha c}{2 A \Delta p A} V = BV \quad (8)$$

Ainsi, en traçant  $t/V$  en fonction de  $V$ , une ligne droite est obtenue, et à partir de sa pente  $B$ , la résistance spécifique  $\alpha$  peut être calculée si  $\mu$ ,  $\Delta p$ ,  $A$  et  $c$  sont connus.

Cependant, lors des tests ultérieurs utilisant l'entonnoir Buchner, la teneur en solides du gâteau formé n'est pas mesurée directement. Par conséquent, la valeur de la résistance spécifique obtenue n'est pas la résistance spécifique réelle  $\alpha$ , mais une valeur apparente, qui dépend de l'approximation utilisée pour  $c_1$ . La quantité de solides secs en suspension par unité de volume de matière évaporable, représentée par l'eau, est égale à  $c$  uniquement dans la condition hypothétique où il n'y a pas de matière évaporable dans le gâteau. Ainsi, la résistance spécifique apparente n'est pas indépendante de la teneur en solides de la suspension, comme cela devrait être le cas théoriquement pour  $\alpha$ .

La relation entre  $c$  et  $c_1$  est représentée par les équations suivantes :

$$c = \frac{w_c w_s \rho_f}{w_c - w_s} \quad (9)$$

Et :

$$c_1 = \frac{w_s \cdot \rho_l}{(1 - w_s)} \quad (10)$$

Il semble que vous parliez d'un processus de filtration ou de séparation où vous avez des paramètres tels que la masse moyenne des solides en suspension secs par unité de masse du

gâteau ( $w_c$ ), la masse moyenne de la pulpe ( $w_s$ ), la densité du filtrat ( $\rho_f$ ) et la densité du liquide dans la suspension ( $\rho_l$ ).

Ensuite, vous mentionnez une équation (8) dans laquelle ces paramètres sont utilisés pour calculer la résistance spécifique apparente ( $\alpha$ ). Si vous souhaitez discuter de l'équation ou de son application spécifique, n'hésitez pas à la partager, et je serai ravi de vous aider à comprendre ou à travailler avec elle.

$$\alpha_{ap} = \frac{2A^2 \Delta p B}{C_1 \mu} \quad (11)$$

Où

- $c_1$  : est la composition de la pulpe
- $A$  : est la surface de la section transversale du filtre,
- $\mu$ : est la viscosité de l'eau,
- $\Delta p$  : est la différence de pression de filtration
- $B$  : est le gradient de la courbe  $t / v$  versus  $v$ .

### Gâteaux incompressibles

Il semble que vous parliez d'une méthode pour rendre une équation plus pratique en remplaçant une variable difficile à mesurer par une autre variable plus facilement accessible. Dans votre cas, vous voulez exprimer la masse moyenne des solides en suspension secs par unité de masse du gâteau ( $w$ ) en termes du volume de filtrat par unité de surface ( $v$ ).

Si vous avez l'équation suivante que vous souhaitez utiliser pour cette conversion, n'hésitez pas à la partager pour que je puisse vous aider à la comprendre ou à l'appliquer dans le contexte spécifique de votre problème

$$w = cV \quad (12)$$

D'accord, vous expliquez comment vous allez relier la définition de  $cc$  avec l'équation (12) afin de reformuler l'équation (3). C'est une étape importante pour rendre l'équation plus pratique et utilisable dans votre contexte.

Si vous avez l'équation (3) et que vous souhaitez voir comment elle est modifiée en substituant l'équation (12) pour  $cc$ , n'hésitez pas à la partager ici. Je serais heureux de vous aider à comprendre cette transformation et ses implications dans votre problème.

$$\frac{dv}{dt} = \frac{\Delta p}{\mu} \frac{1}{(\alpha cV + Rm)} \quad (13)$$

Si tous les paramètres  $\mu$ ,  $\alpha$ ,  $c$  et  $Rm$  sont constants, vous pouvez intégrer l'équation (13) par rapport à la variable appropriée pour obtenir une expression plus simple. Cependant, sans

connaître l'équation (13) spécifique que vous mentionnez, il est difficile de fournir des conseils précis.

Si vous pouvez partager l'équation (13) ici, je pourrai vous aider à comprendre comment l'intégrer et quelle serait l'expression résultante. De cette façon, nous pourrions mieux comprendre comment elle se rapporte à votre problème global.

$$\frac{t}{v} = V \left( \frac{\mu \alpha c}{2\Delta p} \right) + \frac{\mu R m}{\Delta p} \quad (14)$$

D'accord, il semble que vous parliez de l'utilisation de la pente d'une courbe  $(t/v)$  par rapport à  $v$  pour calculer la résistance spécifique dans un test de Buchner-Entonnoir.

Si vous avez besoin d'aide pour comprendre comment utiliser cette relation pour calculer la résistance spécifique, ou si vous avez des questions sur la manière de procéder avec ce test spécifique, n'hésitez pas à demander. Je serai ravi de vous aider à démêler cela.

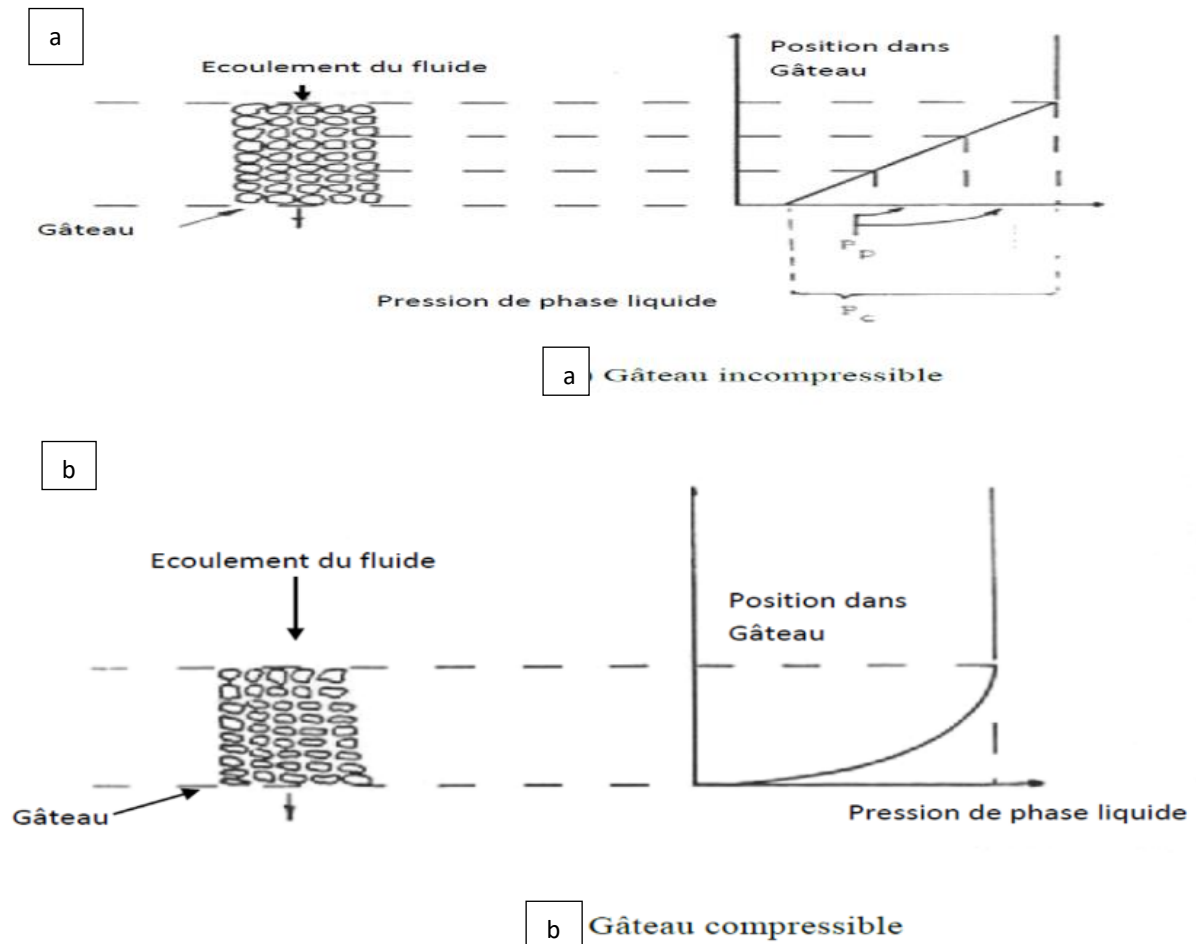


Figure 10: Différence de pression à travers un gâteau de filtration idéale [30].

### **Facteurs affectant la résistance du milieu filtrant :**

La résistance offerte par le milieu filtrant dépend de plusieurs facteurs, notamment :

- La structure du média filtrant.
- La distribution granulométrique et la concentration des particules dans la suspension.
- Le taux de dépôt des particules.
- La nature des forces motrices.

La structure interne des milieux filtrants a été étudiée en mesurant le rayon des pores et la distribution de leur taille, ainsi que leur relation avec les variables de construction caractéristiques. Les performances ont été évaluées en filtrant des suspensions très diluées contenant des particules de distribution granulométrique connue. [31]

La filtration avant la formation du gâteau macroscopique suit généralement des lois de filtration standard [32], avec des zones de filtration bloquées où les particules solides adhèrent aux parois des pores. La pression initiale de filtration et la concentration de solides influencent significativement la résistance effective du milieu. Les suspensions concentrées donnent des gâteaux de faible résistance par rapport aux suspensions diluées.

Les forces motrices peuvent également affecter la vitesse de filtration. Par exemple, pendant la filtration sous vide continu, les bulles de gaz peuvent se dégager et restreindre le mouvement du filtrat à travers les canaux du média filtrant. Cependant, la résistance du média filtrant atteint rapidement une valeur constante après des périodes de filtration initiales très courtes.

### **Amélioration du taux de filtration :**

Il semble que vous parliez des différents facteurs qui influent sur le taux de filtration. Voici un résumé des points que vous avez mentionnés :

1. **Viscosité du filtrat** : Le taux de filtration est inversement proportionnel à la viscosité du filtrat. Cela signifie que plus le filtrat est visqueux, plus la filtration sera lente, et vice versa. Une viscosité plus faible permettra un écoulement plus rapide à travers le milieu filtrant.[33]
2. **Gradient de pression hydraulique** : Le taux de filtration est directement proportionnel au gradient de pression hydraulique appliqué. Cela signifie que plus la différence de pression entre les deux côtés du média filtrant est élevée, plus le taux de filtration sera élevé. Un gradient de pression plus élevé peut être obtenu en augmentant la pression ou en diminuant la résistance à l'écoulement.

3. **Résistance offerte par le gâteau** : Le taux de filtration est inversement proportionnel à la résistance offerte par le gâteau. Cela signifie que plus la résistance du gâteau est élevée, plus le taux de filtration sera faible. Réduire la résistance du gâteau en éliminant ou en compactant régulièrement le gâteau peut donc augmenter le taux de filtration.

Ces paramètres jouent un rôle crucial dans le processus de filtration et leur compréhension permet d'optimiser les performances du système de filtration pour une efficacité maximale

### **Adjuvants de filtration**

Les adjuvants de filtration sont utilisés de deux manières principales :

1. **Pré-enduisement du milieu filtrant** : Les adjuvants de filtration peuvent être utilisés pour pré-enduire le milieu filtrant avec un pré couche. Cela permet de créer une surface plus uniforme et de préparer le média filtrant à une filtration efficace.
2. **Addition directe** : Les adjuvants de filtration peuvent également être ajoutés directement à la suspension à filtrer. Cela inclut des matériaux tels que la terre de diatomées ou d'autres matériaux poreux inertes. Ces adjuvants fournissent une structure de gâteau poreuse qui permet un taux plus élevé d'écoulement, une plus grande rigidité et une pression plus élevée de filtration.

La présence d'adjuvants de filtration a plusieurs effets bénéfiques sur le processus de filtration :

Elle réduit la résistance spécifique du gâteau, ce qui améliore le taux de filtration.

Elle favorise la formation d'un gâteau de texture plus ouverte, ce qui facilite l'écoulement du filtrat.

Elle entraîne la formation d'un gâteau plus épais, ce qui peut également contribuer à une filtration plus efficace.

Cependant, il est important de noter qu'une utilisation excessive d'adjuvants de filtration peut avoir des effets indésirables. Par exemple, une épaisseur excessive du gâteau peut contrebalancer les avantages précédemment mentionnés, réduisant ainsi l'efficacité globale du processus de filtration. Il est donc crucial de trouver un équilibre approprié dans l'utilisation des adjuvants de filtration pour obtenir les meilleurs résultats

### **Dimension des particules**

Lorsque les particules du gâteau sont de grande taille, le gâteau formé présente des pores plus larges, réduisant ainsi sa résistance et améliorant le taux de filtration. Cette augmentation de la taille des particules peut être obtenue par coagulation, floculation ou modification du pH

de la suspension. Les suspensions floculées génèrent des gâteaux plus poreux mais aussi plus compressibles. Les ajustements du pH peuvent faciliter la précipitation des particules solides, aidant à former des gâteaux plus poreux.

### **Effet de concentration solide**

L'effet de la concentration solide sur le taux de filtration est complexe. Une concentration plus élevée peut entraîner à la fois des améliorations et des limitations du taux de filtration :

- **Avantages :** Une concentration accrue peut favoriser la formation d'un gâteau plus uniforme, réduisant ainsi la résistance spécifique du gâteau et augmentant la filtrabilité. Cela permet un écoulement plus facile du filtrat à travers le gâteau.
- **Limitations :** Cependant, une concentration plus élevée peut également conduire à des gâteaux plus épais en raison du dépôt accru de particules sur le support filtrant. Cela augmente la distance que doit parcourir le filtrat à travers le gâteau, ce qui diminue la filtrabilité.

En résumé, l'effet global de la concentration solide sur le taux de filtration dépend de l'équilibre entre la formation d'un gâteau plus uniforme et l'augmentation de l'épaisseur du gâteau. Une concentration plus élevée peut améliorer la filtrabilité en favorisant une distribution plus uniforme des particules, mais elle peut également limiter la filtrabilité en formant des gâteaux plus épais.

### **Aspect théorique de la déshydratation mécanique**

Les opérations de déshydratation visent à réduire l'humidité du gâteau filtrant en enlevant une partie du filtrat résiduel [35]. Deux approches principales sont utilisées :

1. **Drainage :** Les forces de désaturation, telles que l'effet centrifuge, le soufflage ou la succion d'air, réduisent la saturation du gâteau sans altérer sa structure. Cette méthode est efficace pour maintenir la porosité constante du gâteau.
2. **Expression ou pressage hydraulique :** Les forces appliquées visent à réduire le volume des vides à l'intérieur du gâteau, modifiant ainsi sa structure. Cela peut être réalisé par compression mécanique ou augmentation de la pression de filtration en fin d'opération.

Ces techniques complémentaires à la filtration sont essentielles pour produire des solides plus purs, récupérer davantage de soluté et réduire les coûts de transport et de séchage thermique. [37]

### **Classification de l'eau dans le gâteau de filtration**

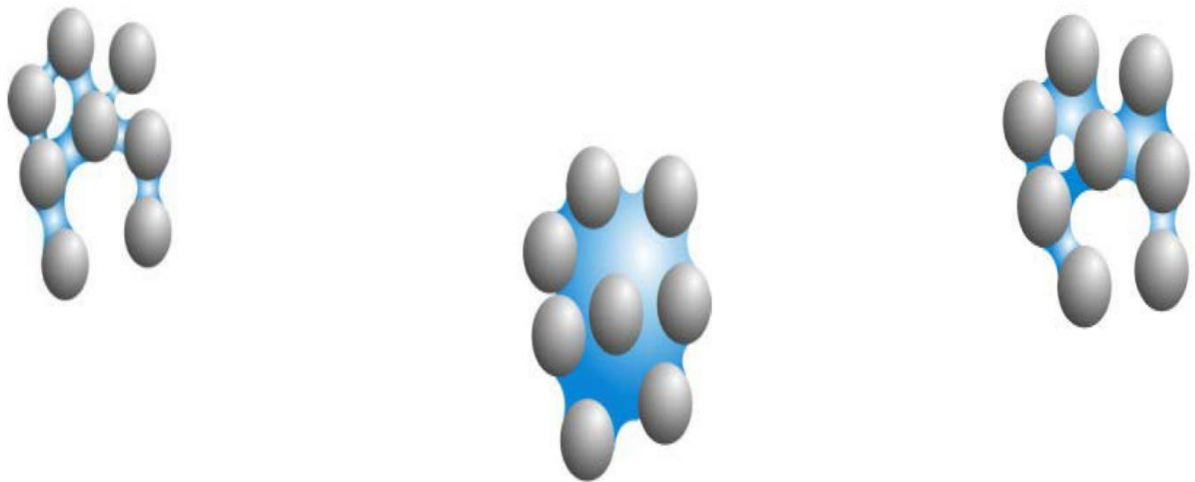
Pour retirer efficacement l'eau d'un gâteau de filtration, il est essentiel de comprendre les types d'eau qu'il contient :

1. **Eau éliminable par pression** : Cette eau peut être expulsée par pression des plus petits capillaires du gâteau.
2. **Eau pendulaire** : Elle est maintenue au point de contact entre les particules solides du gâteau et ne peut pas être facilement éliminée par pression.

Pour réduire la teneur en humidité du gâteau, il est important de se concentrer sur l'élimination de l'eau pendulaire[38]. Cela dépend de la manière dont l'eau est répartie dans le lit de particules :

- **Capillaires** : Tous les vides du lit sont remplis d'eau.
- **Funiculaire** : Certains vides du lit ne sont pas pleins, mais une fine pellicule d'eau recouvre la surface des particules.
- **Pendulaire** : L'eau est présente uniquement au point de contact entre les particules.

Cette compréhension est essentielle pour développer des méthodes efficaces de déshydratation du gâteau de filtration



**Figure 11: Classification des types d'eau contenue dans un lit de particules[39].**

### **Choix et calcul des filtres(1)**

Les filtres sont choisis en fonction de nombreux facteurs : la taille des particules de pulpe, les propriétés du sédiment - compressibilité et incompressibilité, sa résistivité, les propriétés du sédiment à éliminer, la productivité.

La productivité spécifique des filtres est choisie uniquement sur la base de données expérimentale disponible pour des matières premières similaires ou spécialement obtenues en laboratoire.

Sur la base des résultats des expériences de filtration, la productivité spécifique est calculée :

$$q_w = \frac{Q}{(S \cdot t)} [t / (m^2 \cdot h)]$$

Où :

$q_w$  : est le poids des sédiments humides

- Q : est la quantité de solide qui a été filtrée
- T : le temps
- S : surface
- A partir du poids des boues humides, on peut calculer le poids des boues sèches :
- Où :
- W : est l'humidité des sédiments %.
- $S_f$  : Connaissant la surface filtrante

à l'aide du catalogue et d'une certaine charge spécifique pour un type de pâte donné, la performance du filtre est calculée :

$$Q_\phi = S_\phi \cdot q \quad [T/\psi]$$

Il est à noter que la vitesse de filtration varie dans le temps en fonction du degré d'usure et de colmatage de la membrane filtrante. Il est nécessaire de s'assurer que le tissu filtrant ne se déchire pas ou que des fissures ne se forment pas dans les sédiments, car il y a une forte baisse du vide. Le taux de filtration s'accélère généralement à mesure que la suspension est chauffée (la viscosité diminue), que le vide augmente et que la teneur en solides augmente.

Les charges spécifiques approximatives sur les filtres à vide à disques et à tambour pour solides secs lors de la filtration de matériaux sulfurés condensés sont,  $t / (m^2 \cdot h)$  :

- 0,1 ÷ 0,2 cuivre et plomb
- 0,2 ÷ 0,4 - zinc ; 0,3 ÷ 0,6 - pyrite
- 0,5 ÷ 1,0 - scories de charbon et magnétite.

Matériau filtré	Charge spécifique de sédiments secs,	Type de filtre A vide
-----------------	--------------------------------------	-----------------------

	[t/m <sup>2</sup> ·h].	
Boue de charbon fin et concentré de flottation	0,2 - 0,5	a disque
Bouillie de charbon grossier	0,5 - 1,0	a disque
Concentrés de sulfures épaissis par flottation :	0,1 - 0,2 0,1 - 0,2 0,2 - 0,4 0,3 - 0,6	Disque, a Tambour
- cuivre	0,6 - 0,65	Tambour avec une surface interne de filtration
- plomb	0,5 - 0,55	a disque
-zinc	0,4 - 0,5	a disque
-pyrite	0,5 - 1,0	a disque

Tableau 1: Charges spécifiques des filtres à vide

### Systèmes de filtration sous vide

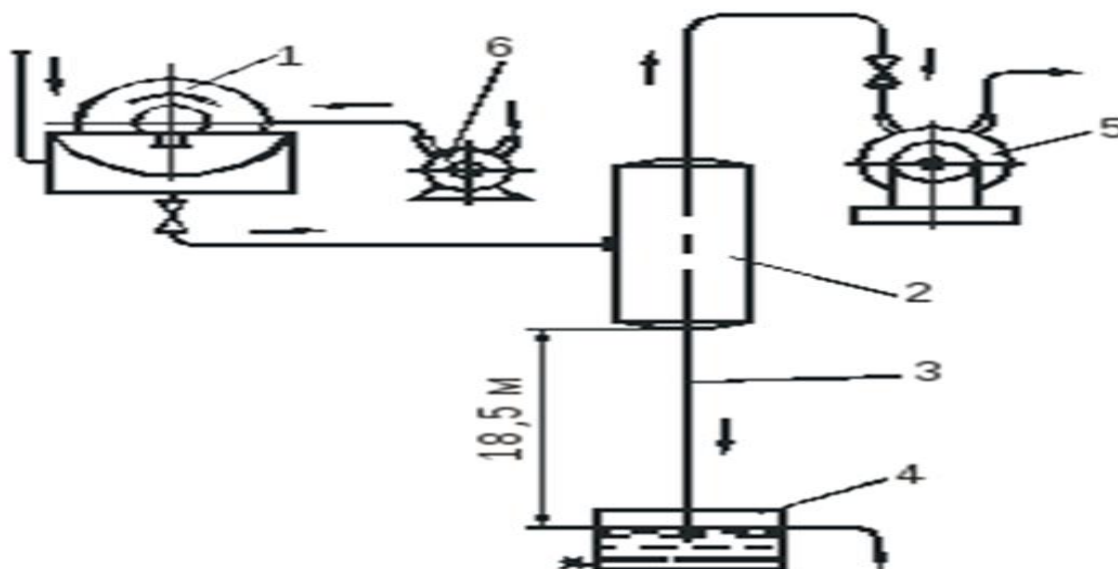


Figure 12: Schéma d'une installation de filtration sous vide avec évacuation gravitaire du filtrat

- Filtre sous vide
- Récepteur de pompe à vide
- Canalisation pour filtrat
- Collecte filtre

- Pompe à vide
- Souffleur

Le schéma de base d'une unité de filtration sous vide avec distribution de filtrat par gravité est illustré à la Fig. (1). Le filtrat du filtre à vide pénètre dans le récepteur de la pompe à vide et est dirigé par gravité vers le collecteur de filtrat. Ce dernier, afin d'éviter l'aspiration de l'air de l'atmosphère dans le récepteur, est situé à au moins 10,5 m en dessous du récepteur.

Le diagramme schématique d'une unité de filtration sous vide avec distribution forcée de filtrat est illustré à la Fig.(2).

Le filtrat du récepteur est pompé par une pompe centrifuge. Pour empêcher le filtrat de pénétrer dans la pompe à vide, on installe un siphon situé à au moins 10,5 m au-dessus du niveau d'eau dans le collecteur de filtrat. La pompe centrifuge pour le filtrat est équipée d'un clapet anti-retour sur la conduite de refoulement. La distance entre le point inférieur du récepteur et l'axe de la pompe est considérée comme étant d'au moins 0,6 m.

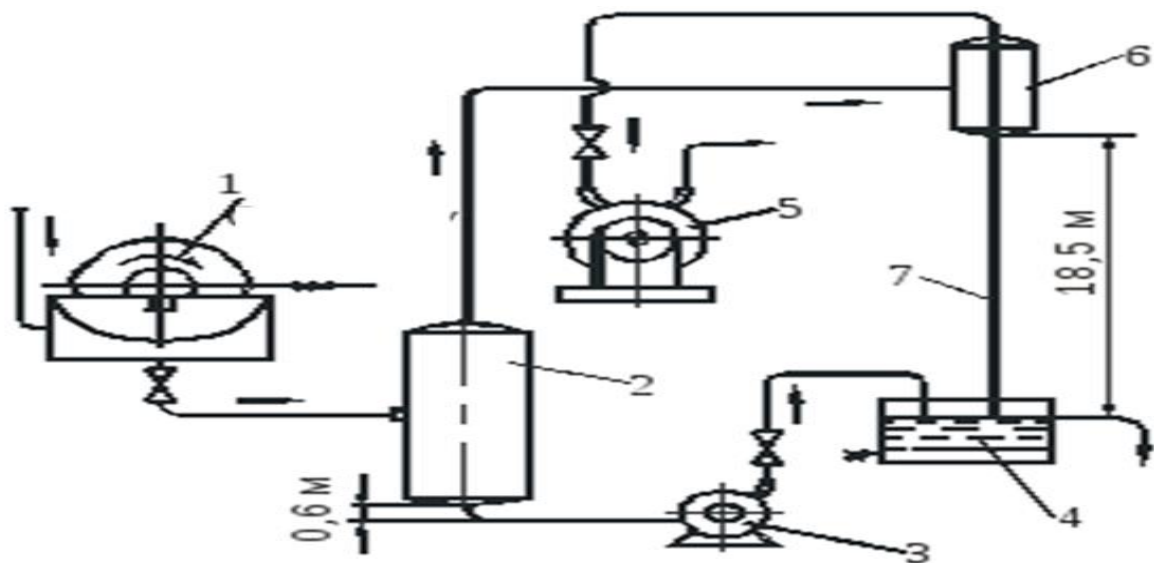


Figure 13: Schéma d'une unité de filtration sous vide avec évacuation forcée du filtrat

- Filtre à vide.
- Récepteur de pompe à vide.
- Pompe centrifuge.
- Collecteur de filtrat.
- Pompe à vide.
- Piège à filtrat.
- Canalisation pour filtrat.

## **Chapitre III**

### **Présentation de la société EATIT**

### **III.1 Introduction**

Dans ce chapitre, nous allons explorer le processus de fabrication des tissus filtrants industriels, qui sont l'un des éléments essentiels des opérations de filtration industrielle. Les tissus filtrants industriels se distinguent par leur capacité à piéger les particules fines et à purifier les liquides et les gaz, ce qui les rend indispensables dans plusieurs industries telles que la chimie, l'alimentaire, la pharmaceutique, et bien d'autres.

Le processus de fabrication des tissus filtrants industriels commence par la sélection des matières premières. Ces matières premières sont choisies en fonction des caractéristiques requises du tissu final et des exigences de l'application industrielle.

Ensuite, les matières premières sont soumises à plusieurs étapes de traitement, notamment le filage, le tissage et la finition. Chacune de ces étapes vise à façonner et à améliorer les propriétés mécaniques et chimiques du tissu final, telles que la résistance à la traction, la résistance à la corrosion et la capacité de filtration.

Au cours de ce chapitre, nous détaillerons chaque étape du processus de fabrication des tissus filtrants industriels, y compris les techniques utilisées, les matières premières utilisées et les différentes exigences industrielles. En comprenant ce processus de fabrication, nous pourrions apprécier l'effort déployé pour produire des tissus filtrants de haute qualité, qui sont indispensables à de nombreuses industries pour obtenir d'excellents résultats de filtration.

### **III.2 Présentation d'entreprise Algérienne des Textile Industriel et Technique :**

L'idée de créer la Fondation Algérienne des Tissus Industriels et Techniques, le complexe Al-M'sila, est née d'une stratégie poursuivie par le gouvernement algérien afin de relancer et faire progresser l'économie nationale après des années d'indépendance en raison de la condition économique que le pays a connues pendant cette période. Les premiers pas vers la concrétisation de cette idée ont été cristallisés lorsque le gouvernement a commencé à mettre en place cette institution en 1979. Lorsque tous les aspects liés à la fourniture de matières textiles pour produire 4500 tonnes par an, soit l'équivalent de 15500500 mètres linéaires de tissu, dont 5 millions de mètres linéaires sont dirigés vers la section de détail, et c'était de la part du ministre de l'Industrie et Énergie, et il a été enregistré dans un programme spécial pour la wilaya de Sétif en 1971, mais après la nouvelle division administrative 1974/1975 qui a abouti à la naissance de la Wilayat d'Al-Msila, où ce projet a été établi dans la Wilayat d'Al - Msila, qui a été enregistré avec un contrat en date du: 13/11/1975 et sa superficie totale est d'environ 329800 mètres carrés, dont 65 561 mètres carrés sont couverts. Travaux le

11/04/1977 et se sont terminés en 1979, et le 01 / 12/1980, l'entrée effective en production a eu lieu et cet établissement fonctionne selon un système de travail continu.

Après la restructuration de l'institution en 2012, la soi-disant

### **III.2 Historique**

La Fondation Algérienne des Textiles Industriels et Techniques est passée par plusieurs étapes et plusieurs noms depuis sa création, dont :

- La première étape : Sunitax de 1979 à 1985.
- La deuxième étape : Inditax de 1985 à 1997
- La troisième étape : Tyndale de 1998 à 2011.
- Quatrième étape : je suis venu de 2012 à nos jours

### **III.3 Organigramme**

L'organisation au sein de l'entreprise EATIT à Draa Ben Khedda est à la fois hiérarchique et fonctionnelle. Son organigramme se présente comme suit :

1. Au sommet de la hiérarchie se trouve le directeur général.
2. Au deuxième niveau, on trouve le bureau d'ordre général et le secrétariat, qui jouent le rôle de liaison entre les sous-directions et le PDG. Toutes les informations doivent nécessairement passer par ce deuxième niveau de la hiérarchie.
3. Au troisième niveau, on trouve les sous-directions au nombre de neuf (09) , chacune étant divisée en départements.

### **III.3 Processus de production**

Le processus technologique textile se compose de trois (03) parties

- Département de filature.
- Département de tissage.
- Département de finissage.

#### **III.3.1 Processus technologique de la filature :**

La filature du coton est une succession d'opérations mécaniques qui épurent, parallélisent, étirent et tordent progressivement les fibres de coton en vue d'obtenir un fil ou « filé ».

La filature est l'ensemble des opérations de transformation des matières textiles (fibres naturelles) en fil textiles multibrins, retors, câblés ou encore guipés. Le processus

D'obtention de ce fil peut être industrialisé dans un atelier ou une usine appelée filature.

### a. Le battage

Le battage, grâce à cette action mécanique, démêle les flocons de fibres pour la première fois et élimine les dernières impuretés solides ainsi que les débris végétaux (surtout pour le coton).

L'éplucheur de balles alimente la filature en fibres à partir d'un assemblage de différentes balles de coton. Cette étape est considérée comme faisant partie du processus d'ouvrison. À chaque passage, l'éplucheur prélève une fine couche de fibres sur la partie supérieure de toutes les balles. Ensuite, les fibres sont amenées sur la chaîne de nettoyage. La bulle montre comment la tête de l'éplucheur prélève une fine couche de fibres sur chaque balle à chaque passage sur les balles.<sup>3</sup>

- **Mélange**

Le mélange permet de rassembler les touffes de fibres provenant de nombreuses balles pour former un mélange homogène.

- **Nettoyage**

Le nettoyage permet de retirer les corps étrangers de la fibre. Le nettoyage repose sur quatre principes :

- Différences de densité
- Forces centrifuge et d'inertie
- Flux d'air [4]

a-Brise balles

b- Nettoyeuse



Figure 14: Machine Battage de la société EATIT (Brise balles) (Nettoyeuse).

#### a.1. Cardage

Le cardage est un processus essentiel dans le traitement des fibres textiles. Il permet d'aligner, de paralléliser, de nettoyer et de condenser les fibres en ruban, comme illustré dans la figure 2.32. Parmi les autres aspects importants du cardage, on retrouve :

- **Diminution des neps** : Les neps sont des petits agglomérats de fibres qui peuvent nuire à la qualité du fil. Le cardage contribue à les réduire en les séparant et en les éliminant.
- **Diminution des fibres courtes** : Les fibres courtes peuvent affaiblir le fil et rendre le tissu final moins résistant. Le processus de cardage permet de retirer une partie de ces fibres courtes.
- **Élimination de la poussière** : Pendant le processus de cardage, la poussière et les impuretés sont éliminées des fibres, ce qui améliore la propreté du matériau final.
- **Nivellement** : Le cardage contribue à uniformiser la distribution des fibres, ce qui garantit une qualité plus constante du fil et du tissu.

Ces aspects sont cruciaux pour obtenir des fils de haute qualité et des tissus finis satisfaisants dans l'industrie textile.

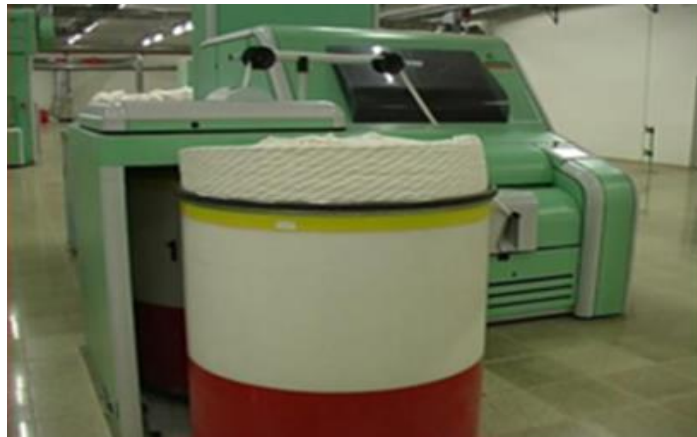


Figure 15 : Machine cardée de la société EATIT

#### a.2. Banc d'étirage (Doublage et étirage)

Ces points supplémentaires détaillent davantage le processus de cardage et ses étapes subséquentes :

- **Individualisation et parallélisations des fibres** : Après le cardage, les fibres sont souvent encore groupées et désordonnées. Pour obtenir un alignement optimal et une parallélisation des fibres, il est nécessaire de passer les fibres à travers au moins deux passages d'étirage. À chaque passage, le sens d'alimentation est inversé, ce qui contribue à une meilleure répartition des fibres.
- **Régularisation par doublage** : Le doublage est une étape importante pour compenser les irrégularités ponctuelles dans les fibres. Plus le doublage est élevé, meilleure est la compensation des irrégularités. Cette étape permet également l'élimination des fibres courtes qui pourraient affaiblir le fil.
- **Mélange des rubans de différentes matières** : Lorsque des rubans de différentes matières doivent être mélangés, il est nécessaire de passer les rubans à travers trois

passages successifs pour homogénéiser la matière. Cette étape garantit un mélange uniforme des fibres de différentes compositions.

L'étirage, qui consiste à tirer les fibres à travers des rouleaux ou des peignes, permet de mélanger, lisser et niveler les fibres, comme illustré dans la figure I.7. Ce processus est crucial pour assurer la cohérence et la qualité du fil résultant.



Figure 16: Machine Banc d'étirage de la société EATIT

### a.3. Banc à broche (Étirage et torsion)

Ces étapes supplémentaires complètent le processus de transformation des fibres en fil prêt à être utilisé dans la production textile :

- **Passage du ruban à la mèche (affinage) :** Après le cardage et éventuellement le doublage, le ruban est transformé en une mèche plus fine et régulière par un processus appelé affinage. Cela implique généralement de tirer le ruban à travers des rouleaux ou des peignes pour le rendre plus homogène et plus fin.
- **Donner une légère torsion à la mèche :** Avant de procéder au filage, il est souvent nécessaire de donner une légère torsion à la mèche pour éviter qu'elle ne se rompe pendant le processus de filature.
- **Renvoi :** Une fois que la mèche est prête, elle est enroulée sur une bobine dans un processus appelé renvidage. Les spires de la mèche sont déposées de manière parallèle et jointive sur la bobine, qui est généralement cylindrique avec des extrémités biconiques pour faciliter le processus de filature ultérieur.
- **Banc à broche :** Cette étape est spécifique au processus de filature à anneaux. Elle consiste à placer la mèche de préparation sur une bobine spéciale, appelée banc à broche, qui est utilisée comme alimentation pour le processus de filature. Cette étape prépare la mèche pour être transformée en fil par le processus de filature à anneaux.

Ces étapes sont essentielles pour transformer la matière première en fil prêt à être tissé ou tricoté pour créer des tissus et des produits textiles variés.



Figure 17: MachineBanc à broche de la société EATIT

#### a.4. Continu à filer (Affinage et torsion)

Ces étapes supplémentaires précisent davantage le processus de transformation des fibres en fil, en mettant l'accent sur l'ajustement final du fil pour répondre aux besoins spécifiques de son utilisation :

- **Donner une torsion définitive** : Après le renvidage, le fil peut subir une torsion définitive pour lui donner les propriétés mécaniques appropriées pour son utilisation future. Cette torsion finale peut être ajustée en fonction des caractéristiques souhaitées du fil, telles que sa résistance, son élasticité et sa durabilité.
- **Affinage pour obtenir le titre final** : L'affinage est un processus qui permet d'ajuster le titre final du fil en fonction de son utilisation prévue. Le titre du fil fait référence à son épaisseur ou à sa finesse, et il est crucial de l'ajuster correctement pour garantir la qualité et les performances du produit fini. Par exemple, un fil plus fin peut être utilisé pour des tissus légers et délicats, tandis qu'un fil plus épais peut être adapté à des applications nécessitant une plus grande résistance.
- **Renvidage pour former un cops** : Après avoir donné la torsion définitive et affiné le fil au titre final souhaité, le renvidage est effectué pour former un cops, qui est une bobine cylindrique de fil. Cette bobine, également appelée cops, est prête à être utilisée sur un bobinoir pour la production de tissus ou d'autres produits textiles.

Ces étapes finales du processus de filature sont cruciales pour garantir que le fil obtenu réponde aux normes de qualité et aux exigences spécifiques de l'application finale, que ce soit pour la couture, le tissage, le tricotage ou d'autres processus de fabrication textile.



Figure 18: Machine Continu à filer de la société EATIT.

#### a.5. Le bobinoir

Le bobinoir est une machine essentielle dans la production textile, transformant les fils de la filature en grosses bobines prêtes à être utilisées dans d'autres processus de fabrication. Une ouvrière, appelée "bobineuse", supervise le fonctionnement du bobinoir. Son travail consiste à remplacer les bobines vides par des pleines et à nouer ensemble les fils pour assurer une continuité sans interruption. Autrefois, les nouages étaient faits manuellement, mais dans les bobinoirs modernes, des mécanismes automatisés sont utilisés. Ces processus garantissent une production efficace de bobines de fil de haute qualité



Figure 19: Machine bobinoir

#### a.6. Assemblages (SSM)

Le rôle de la machine on assemble trois fils simples sur une même grosse bobine cylindrique



Figure 20: MachineAssemblages(SSM)de la société EATIT.

#### a.7. Retordage (SAVIO)

Le retordage consiste à réunir trois fils ensemble pour conférer à certains tissus des qualités de résistance et d'aspect spécifiques. Initialement, les fils sont assemblés sur une grosse bobine cylindrique, parfois en les réduisant ensemble dès le départ. Les procédés modernes de filature, tels que la fausse torsion, augmentent la productivité en appliquant la torsion au fil en formation sans entraîner une de ses extrémités en rotation. Cette évolution technologique a considérablement amélioré la productivité de la filature tout en maintenant les normes de qualité des produits textiles.



Figure 8 : MachineRetordage (SAVIO)de la société EATIT.

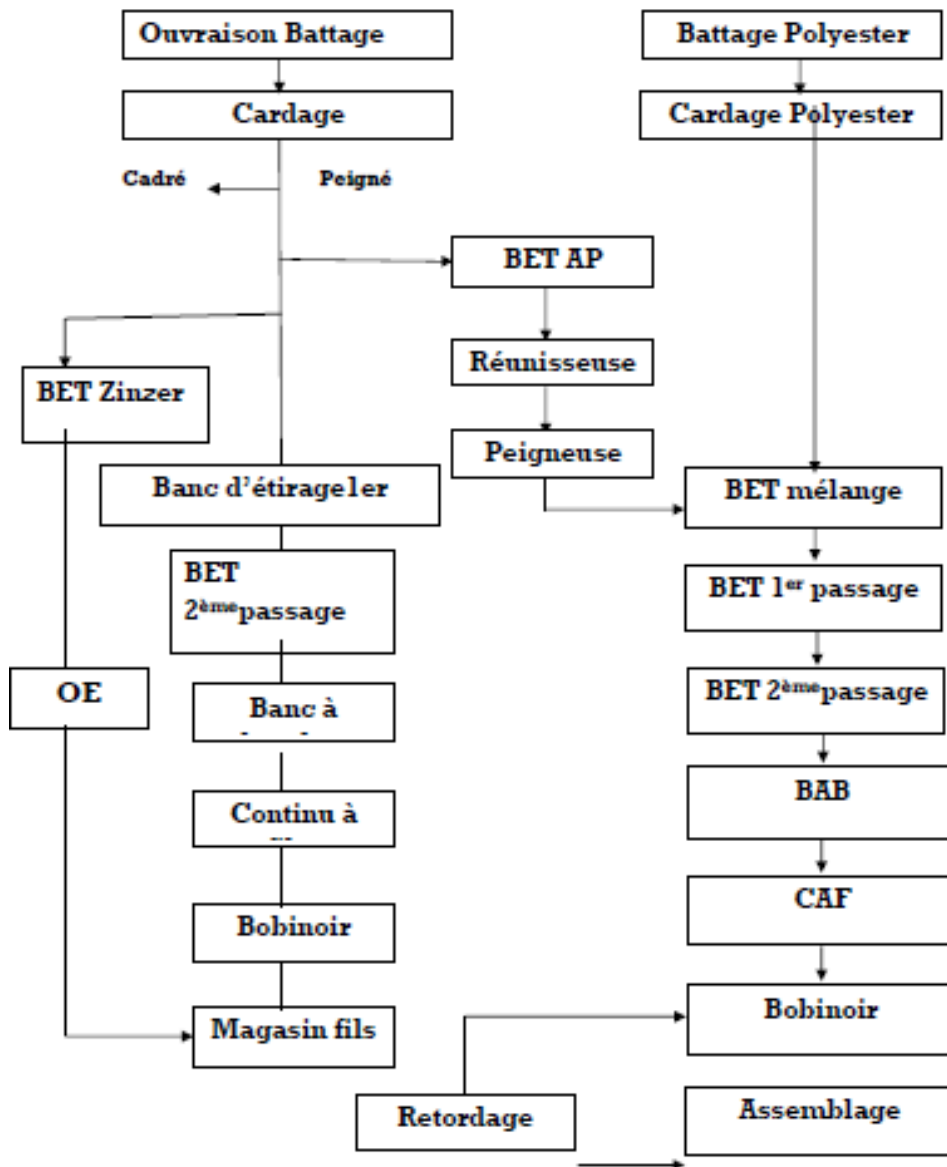


Schéma présentatif de l'atelier filature

## b. TISSAGE

Le tissu est un textile composé de deux systèmes de fils, la chaîne et la trame, entrecroisés perpendiculairement. Ce processus d'entrecroisement est réalisé sur une machine spéciale appelée métier à tisser. Le tissage est à la fois une technique de fabrication permettant d'obtenir un tissu et un art créatif permettant de concevoir des textiles variés avec différents motifs et textures. Grâce à cette technique, les fils de chaîne sont maintenus tendus verticalement sur le métier à tisser, tandis que les fils de trame sont insérés horizontalement à travers les fils de chaîne à l'aide d'une navette ou d'un autre dispositif similaire. Ce processus crée la structure du tissu en formant des motifs et en assurant la cohésion des fils. Le tissage

est une technique ancienne mais toujours largement utilisée dans la fabrication de textiles pour une multitude d'applications, allant des vêtements aux articles d'ameublement.

### **b.1. L'ourdissoir**

L'ourdissoir est une machine utilisée dans le processus de préparation du fil pour le tissage. Son objectif principal est de rassembler plusieurs centaines de fils provenant des grosses bobines constituées au bobinoir et de les aligner côte à côte sur un rouleau.

Les grosses bobines sont disposées sur des râteliers, et le fil se dévide sous la tension exercée par le rouleau en rotation. Les fils passent à travers plusieurs guides, dont certains sont oscillants. En cas de rupture d'un fil, ces guides se relèvent, provoquant l'arrêt de l'ourdissoir en stoppant le mouvement de rotation du rouleau. En même temps, des dispositifs électriques activent des lampes pour signaler le fil cassé, facilitant ainsi les recherches et minimisant les pertes de temps.

L'ouvrière chargée de conduire l'ourdissoir a pour tâche de rattacher les fils cassés et de remettre la machine en route. Son travail est crucial pour maintenir la continuité du processus de préparation du fil en vue du tissage ultérieur.



**Figure 21: Machine ourdissoir (RUIS) de la société EATIT.**



Figure 22: Ensoupled'ourdissoir

### b.2. Réunisseuse

La réunisseuse est une machine utilisée dans le processus de préparation du fil pour le tissage. Son rôle principal est de rassembler et d'aligner les fils provenant de différentes sources, comme des bobines, afin de former une seule unité de fil continue et uniforme. Cette machine est essentielle pour garantir la cohérence et la qualité du fil avant qu'il ne soit utilisé sur le métier à tisser. La réunisseuse peut également être équipée de dispositifs de détection pour identifier les fils cassés ou endommagés, permettant ainsi à l'opérateur de prendre des mesures correctives pour assurer un processus de réunion efficace et sans interruption.



Figure 23: MachineRéunisseuse delasociétéEATIT.



Figure 24: Enroulement du tissu Dornier

### b.3. Rentrage

Le rentrage est le processus de rentrée des fils de chaîne, un par un et dans un ordre prédéterminé, dans les œillets des lisses d'un harnais. Ensuite, ces fils sont piqués dans les broches du peigne. Le rentrage peut être effectué de manière manuelle, semi-automatique ou automatique. Dans le rentrage manuel, deux ouvriers sont nécessaires, tandis que dans le rentrage semi-automatique, un ouvrier travaille avec une machine, et dans le rentrage automatique, aucune intervention manuelle n'est requise. Ces méthodes sont utilisées pour préparer le métier à tisser avant la production de tissus.



Figure 25: Machine Rentrage (STAUBLI) de la société EATIT

### b.4. Nouage

Le nouage est une méthode utilisée pour alimenter la machine à tisser avec une nouvelle chaîne identique à l'ancienne, sans avoir à refaire l'opération de rentrage et de piquage au peigne pour chaque nouvelle chaîne. Les deux chaînes sont superposées et tendues sur un bâti de nouage. Une machine à nouer passe au-dessus des deux nappes de chaîne en les nouant fil par fil. La vitesse de nouage peut atteindre 600 nœuds par minute. Ces machines sont

équipées de systèmes de surveillance pour détecter les fils doublés ou les défauts. Il est important de nouer avec enverjure lorsque la chaîne présente un motif ou une couleur spécifique.

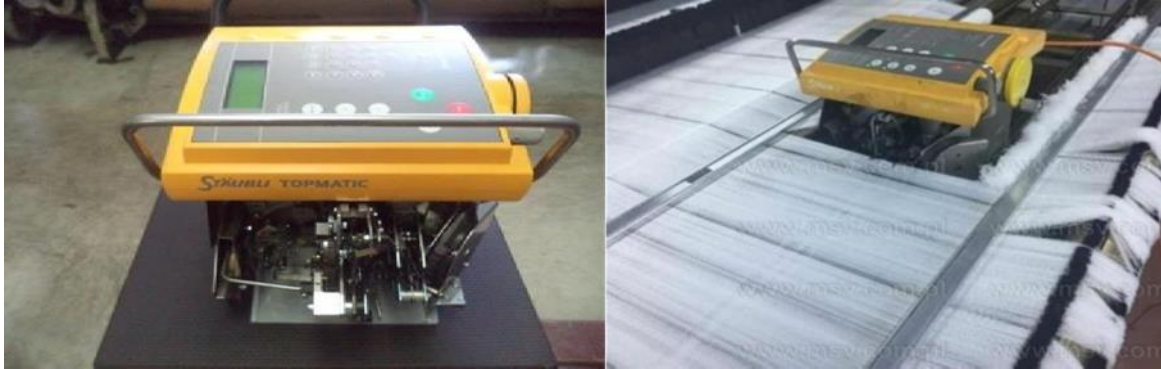


Figure 26: Machine Nouage (STÄUBLI) de la société Eatit

### b.5. MACHINE TESSU DORNEIR

La machine à tisser Dornier, également appelée "tissu Dornier", est une machine hautement réputée dans l'industrie textile pour sa qualité, sa précision et sa polyvalence. Fabriquée par Dornier GmbH en Allemagne, elle est utilisée pour produire divers types de tissus, offrant une grande flexibilité avec différentes fibres. Cette machine est équipée de technologies avancées pour garantir une qualité optimale du tissu, ainsi qu'une haute productivité et efficacité énergétique.

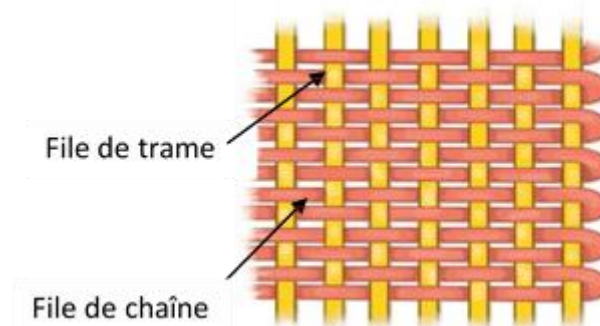


Figure 27 : faire un tissu (File de trame et file de chaîne).

- Une armure c'est le mode d'entrecroisement des fils de trame (ici en bleu) et du fil ou des fils de chaîne (ici en beige).
- On obtient des tissus différents en entrecroisant de différentes façons ces fils.

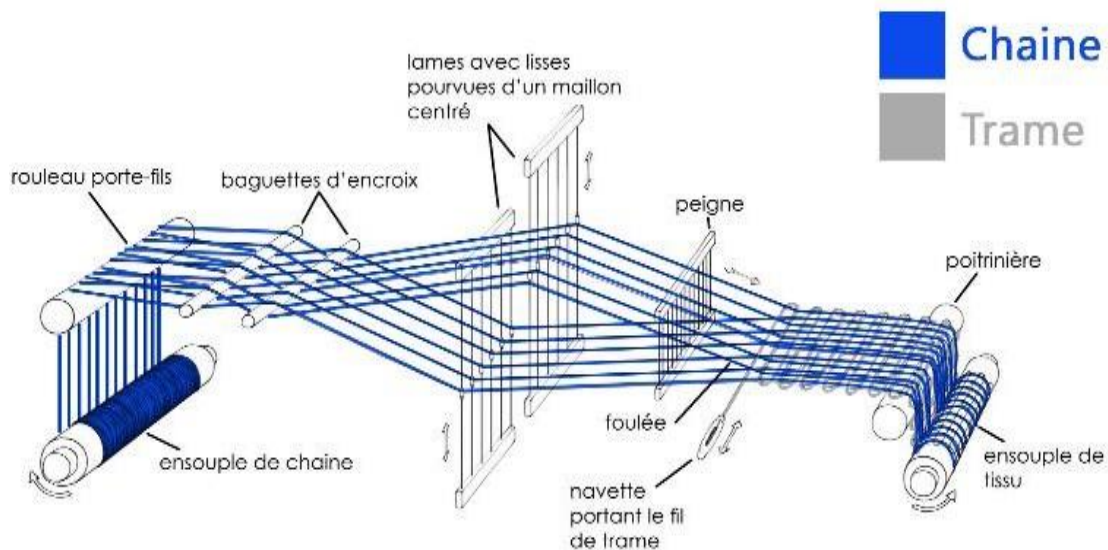


Figure 28: processus de tissage.



Figure 29 : Machine Tissu (DORNEIR) de la société EATIT.

- **Chaîne** (n.f) : Ensemble des fils parallèles au sens d'avancement du tissu en cours de fabrication
- **Fil** (n.m) : Dans un tissu, le terme fil désigne un fil de chaîne, donc un fil placé dans le sens de la longueur du tissu.
- **Retrait Trame** (n.m) : Différence entre la longueur d'une duitte extraite d'un tissu et la longueur du tissu qui contenait cette duitte. Le retrait trame s'exprime en pourcentage de la longueur du tissu. Le terme embuvage sera préféré pour la désignation de la même notion en chaîne.
- **Tissu** (n.m) : Etoffe formée par l'entrecroisement perpendiculaire de deux ensembles de fils (chaîne et trame).

- **Trame** (n.f) : La trame désigne le fil qui est utilisé dans le sens perpendiculaire du tissu, donc perpendiculaire à la chaîne.

#### **b.6. Visitage**

Ce processus de visite comprend les étapes suivantes :

- Éliminer les fils suspendus tels que : liens de fil cassés, fils de bord après le processus d'inspection, etc.
- Couper le faux bord restant sur la coupe du tissu.

Envelopper le tissu après l'avoir vérifié et apporté le fini



**Figure 30: Machine visiteuse avec rouleuse.**

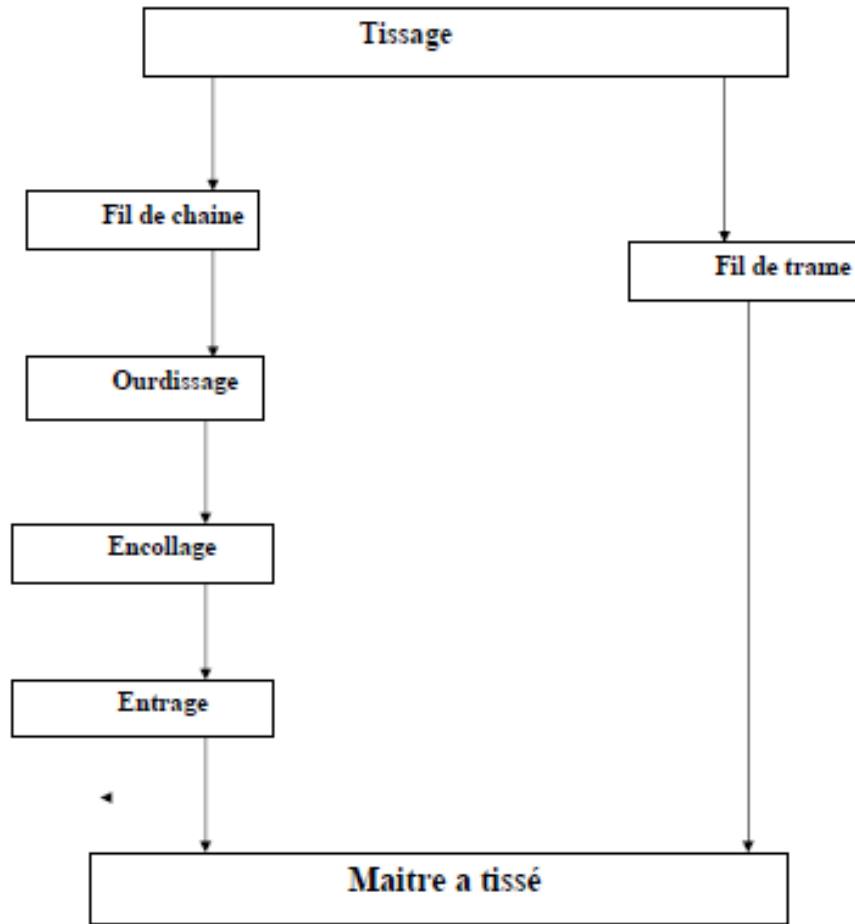


Figure 31 : Schéma représentatif de l'atelier tissage (retiré de document interne de l'entreprise)

### c. FINISSAGE

Le finissage, également appelé "ennoblissement", est une étape essentielle dans l'industrie textile, survenant après le tissage et avant la mise sur le marché du produit final. Pendant le finissage, plusieurs opérations sont effectuées pour améliorer les caractéristiques et l'apparence du tissu, assurant sa qualité et sa préparation pour une utilisation finale.

Les opérations de finissage comprennent généralement plusieurs étapes telles que le lavage du tissu pour éliminer les impuretés et les excès de matières, le repassage et le pressage pour lisser le tissu et éliminer les plis, la broderie pour ajouter des motifs ou des dessins spéciaux, et la teinture pour ajouter de nouvelles couleurs ou améliorer la couleur existante. De plus, les opérations de finissage peuvent inclure le traitement chimique du tissu avec des produits spéciaux pour améliorer ses propriétés telles que la résistance à l'eau ou au feu, ou pour améliorer sa texture et sa souplesse.

En résumé, le finissage est une étape cruciale pour améliorer la qualité et l'apparence du tissu, le préparant ainsi à une utilisation finale, et implique une variété d'opérations pour répondre aux besoins du marché et des clients.

## **I.4 Conclusion**

Il semble que vous ayez présenté la société EATIT ainsi que les différentes étapes du processus de tissage en unités dans ce chapitre. Si vous avez besoin d'aide pour développer davantage ces sujets ou pour discuter d'autre aspect.

**Chapitre IV**  
**Partie expérimentale**

## IV. Partie expérimentale

### IV.1 Etude expérimentale sur les caractéristiques mécaniques des files qui peuvent être utilisés comme membranes des filtres industriels (à tambour).

Les études précédentes montrent que la résistance du fil peut être un facteur influent sur le processus de filtration dans les filtres industriels. En général, une résistance accrue du fil peut augmenter la pression d'écoulement à l'intérieur du filtre, ce qui réduit l'efficacité de la filtration. Cela conduit à une diminution de la vitesse d'écoulement et à une augmentation des pertes de pression. De plus, une résistance élevée du fil peut réduire la durée de vie du filtre et augmenter les coûts de maintenance et de remplacement. Par conséquent, comprendre et améliorer la résistance du fil peut être nécessaire pour optimiser l'efficacité du processus de filtration et augmenter la productivité dans l'industrie des filtres industriels

Par conséquent, nous avons mesuré la résistance d'un échantillon de fils de densité spécifique.

#### IV.2 L'objectif :

Cette expérience vise à évaluer la résistance du fil comme facteur potentiel influençant la productivité des filtres industriels. En mesurant la résistance du fil, nous cherchons à comprendre la relation entre les caractéristiques du fil et la performance des filtres industriels. Cette recherche a pour objectif de déterminer si la résistance du fil affecte l'efficacité de la filtration des particules et, par conséquent, la productivité des filtres. En clarifiant cette relation, nous espérons fournir des informations précieuses à l'industrie des filtres industriels et des orientations pour améliorer les processus de production et de conception.

Selon des études précédentes sur les filtres industriels, il est recommandé d'utiliser des fils de résistance faible à moyenne pour la filtration de l'eau et des fils de grande résistance pour la filtration des particules fines.

Tableau 2 : des échantillons de fil [1].

Type du tissu	T700	T500	S500	S220
Type du fil	TF-MF 23	TF-MF 16	SgF-MF 28	SgF-MF 23
Épaisseur(µm)	401± 8	445± 12	442± 2	457± 1

#### Méthode et démarche expérimentale

Dans cette expérience, nous avons pris des échantillons de fil et nous les avons fixés par une colle sur des papiers de dimensions spécifiques comme suit :

## Caractéristique et dimensions du papier utilisé pour la fixation des fils

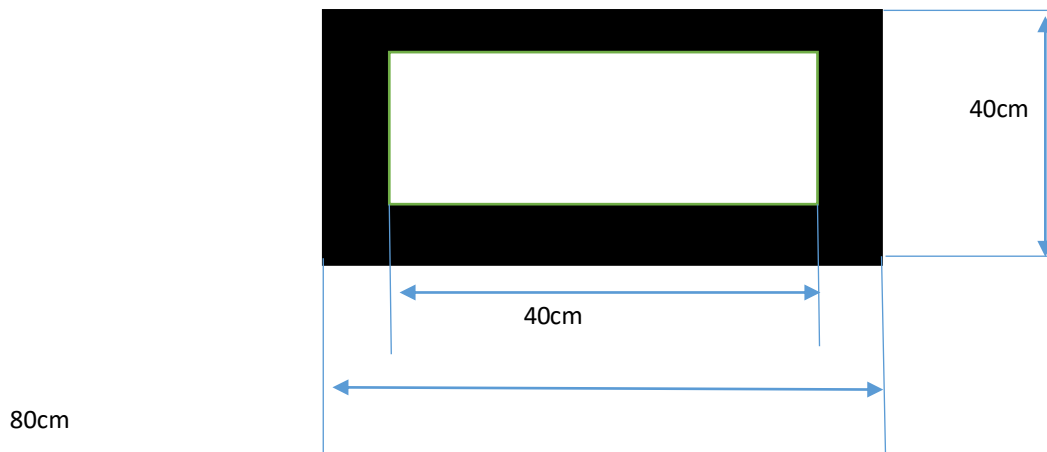


Figure 32: Représentant les mesures du papier utilisé

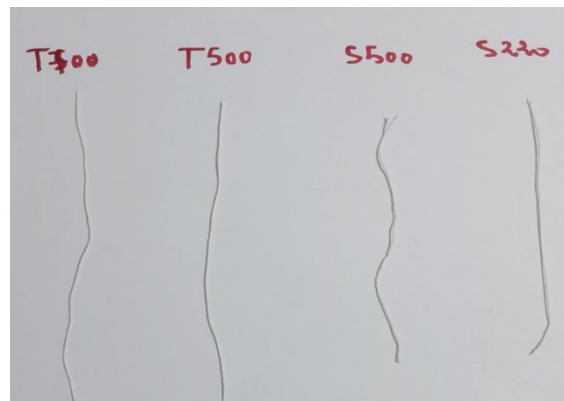


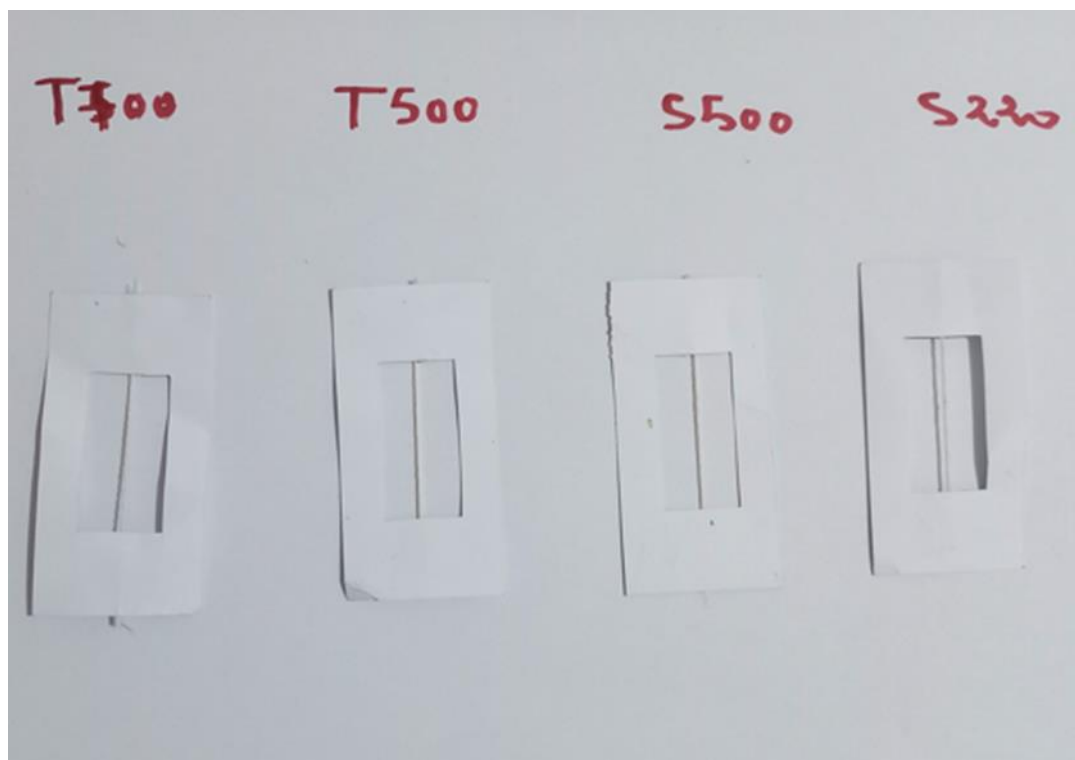
Figure 33: Les types de fils utilisés pour les tissus

Cette image montrant les échantillons des fils selon les caractéristiques de leur toron

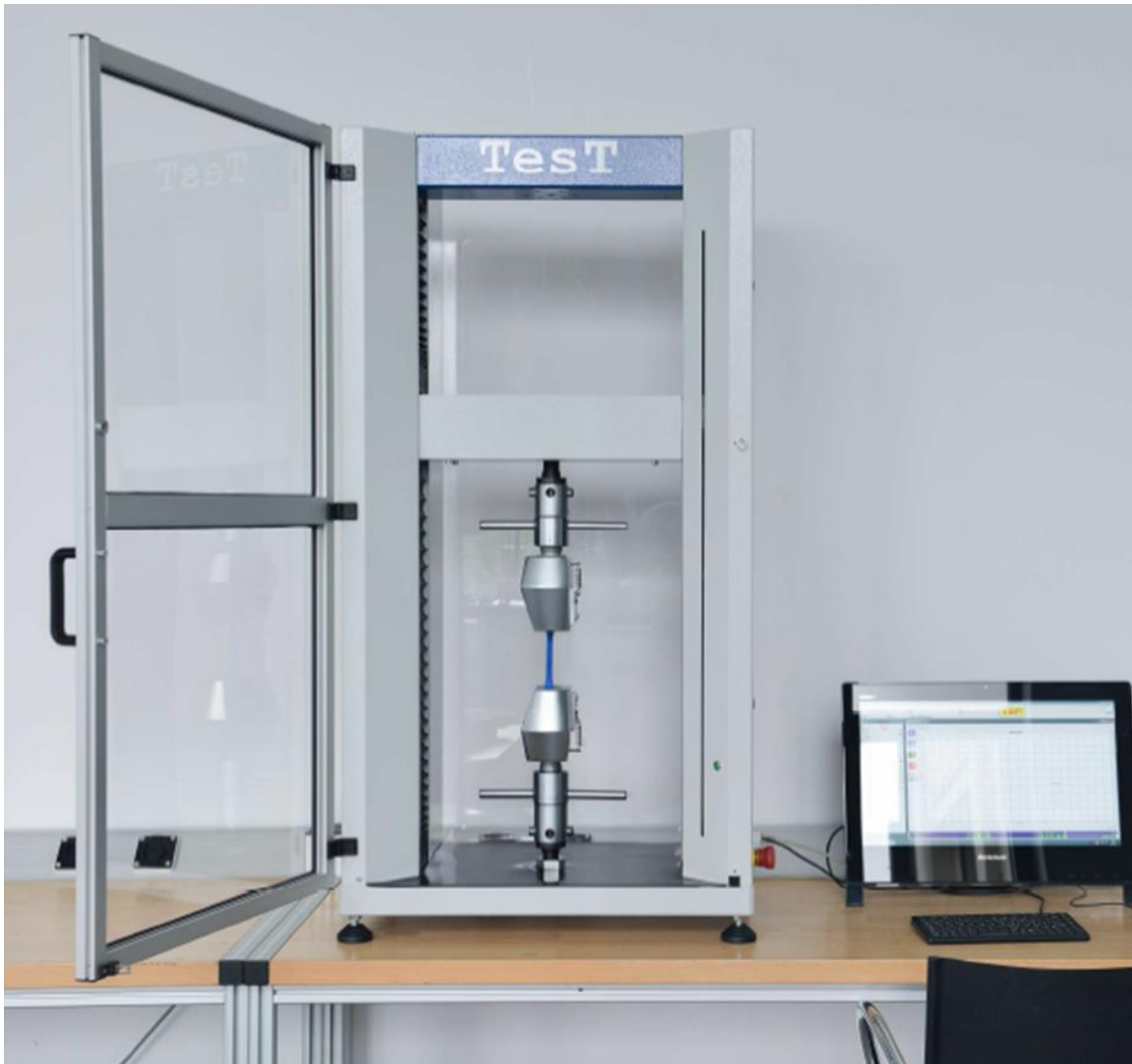
### Préparation des échantillons aux essais de traction

#### a. Méthode expérimentale de fixation des fils sur les supports en papier





**Figure 34: Présentation des fils après leur fixation**



**Figure 35: Appareille de mesure de traction :**

La détection précoce des défauts dans les matériaux ou les produits est important pour éviter des pertes coûteuses dans la fabrication et les réclamations liées aux produits défectueux, qui peuvent inclure des dommages consécutifs. En établissant dès le départ des paramètres essentiels pour les nouveaux produits, permettant de surveiller les matériaux, on réduit les risques en matière de sécurité et les éventuelles sanctions financières.

En plus de proposer une gamme standard de machines pour les essais de matériaux, Test offre également des modèles spéciaux pour les essais de composants selon les spécifications du client. Le contrôleur Test Controller 850 ainsi que le logiciel

### **Système de base et caractéristique de l'appareillage utilisé**

- Interface USB 2.0 pour connexion à un PC ou un ordinateur portable
- 2 x convertisseur A/N 24 bits pour les dispositifs de mesure de contrainte, Taux d'échantillonnage : > 50 kHz

- 2 x convertisseur A/N 10 bits pour le traitement des signaux supplémentaires, tels que les signaux de commutation externes, la température, etc. ; Taux d'échantillonnage : > 50 kHz
- 1 x Entrée pour signaux incrémentaux pour la mesure de déplacement/angle/contrainte
- Circuit de contrôle : > 1 kHz
- Calibration automatique TEDS des capteurs selon IEEE 1451-4, en utilisant une puce intégrée

### Extensions optionnelles

- Jusqu'à 6 x convertisseur A/N 24 bits, > 50 kHz
- Jusqu'à 6 x convertisseur A/N 10 bits, > 50 kHz
- Jusqu'à 3 x entrée pour signaux incrémentaux
- Interface E/S pour la communication avec d'autres systèmes, par exemple PLC - contrôle des robots de manutention
- Contrôleur intégré 32 bits "à bord", pour le contrôle de jusqu'à 3 systèmes d'entraînement électromécaniques

Logiciel Test - En réponse aux exigences de nos clients, une solution complète pour l'acquisition et le traitement des données de mesure a été développé jusqu'à ce jour :

Test Winner® - En combinaison avec le Test Controller 850, ce logiciel permet de créer librement des séquences de test, d'exécuter le contrôle de la machine et l'acquisition des données de mesure. Test Winner® localise et calcule les données selon les exigences de l'utilisateur. Il permet une gestion et une combinaison confortables de diverses séquences, illustrations et évaluations.

En plus des trois séquences de test standard, le système ouvert et flexible offre également la possibilité de programmer librement de nouvelles séquences de test et de les calculer via des commandes MACRO, d'exporter les données dans plusieurs formats de fichiers, et un éditeur pour concevoir vos propres protocoles.

## Étapes de l'expérience

- Chaque échantillon de fil a été placé sur la feuille qui lui est dédiée comme c'est indiqué sur la figure.
- La résistance de chaque fil a été mesurée à l'aide de l'appareil mentionné ci-dessus.
- Les résultats ont été enregistrés pour analyser la relation entre la résistance du fil et l'efficacité de la filtration.

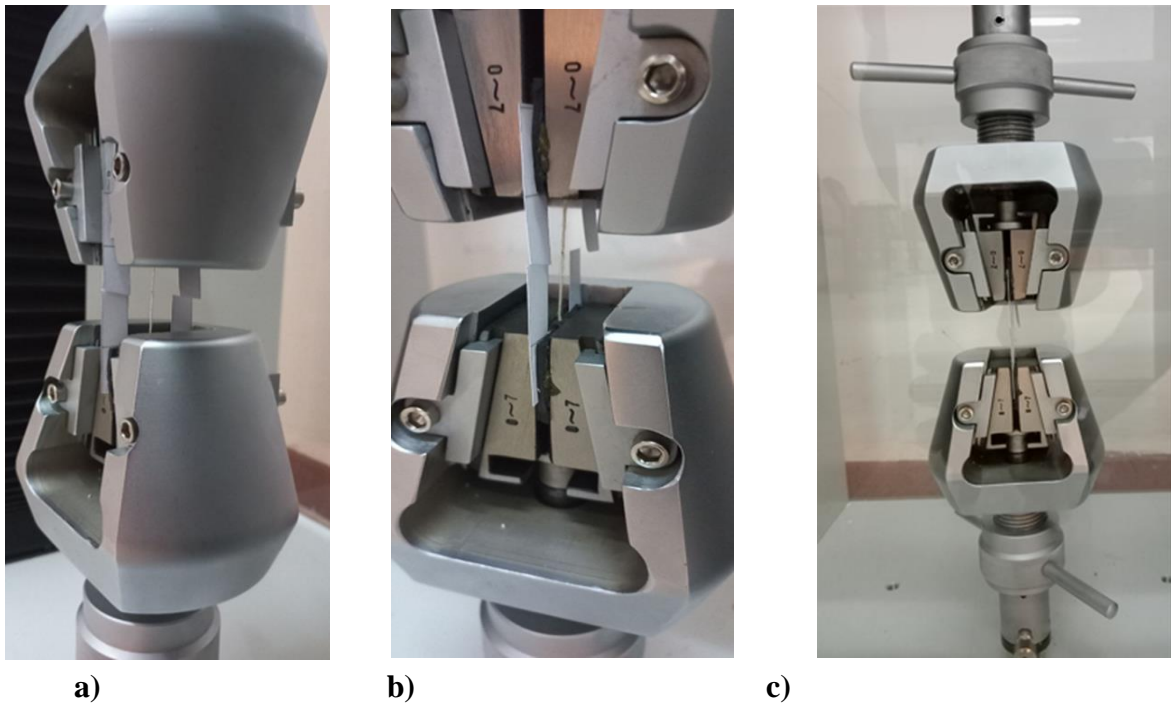


Figure 36 : Les différents positions des mords pendant la traction

b) La rupture.....

b)

c)

## Objectifs de l'expérience

- **Évaluer l'impact de la résistance du fil sur le processus de filtration :**  
Comprendre comment la résistance du fil influence la performance des filtres industriels.
- **Comprendre l'influence des caractéristiques du fil sur les performances des filtres industriels**  
Analyser les propriétés spécifiques du fil et leur impact sur l'efficacité de la filtration.
- **Fournir des recommandations pour améliorer la conception des filtres et augmenter leur efficacité dans l'industrie**

Proposer des améliorations basées sur les résultats obtenus afin d'optimiser les filtres pour une meilleure performance industrielle.

**Résultats attendus**

Il est attendu que l'expérience démontre que les fils ayant une résistance faible à moyenne offrent un meilleur équilibre entre l'efficacité de filtration et la durée de vie du filtre. Cela contribue à améliorer la productivité tout en réduisant les coûts de maintenance et de remplacement.

**Les différentes étapes de traction :**









		<b>Tension et rupture du fil de type T 700</b>
		<b>Tension et rupture du fil de type T 500</b>
		<b>Tension et rupture du fil de type S 500</b>
		<b>Tension et rupture du fil de type S 220</b>

Figure 37: Traction des différents de fils.

Après avoir terminé l'expérience de mesure de la résistance du fil en tant que facteur influençant la performance des filtres industriels, nous passons maintenant à l'analyse des résultats obtenus de cette expérience. Ce chapitre a pour objectif de présenter et d'interpréter les données recueillies lors de l'expérience, ainsi que de discuter de la conformité de ces résultats avec les hypothèses initiales et les recherches antérieures dans ce domaine.

Dans ce contexte, nous allons présenter les tableaux et les graphiques qui illustrent les principaux résultats, en mettant l'accent sur la manière dont les différentes caractéristiques du fil affectent l'efficacité de la filtration et la productivité des filtres. Nous examinerons également les différences observées entre les divers échantillons et mettrons en lumière les facteurs qui pourraient avoir contribué à ces variations. À travers cette analyse, nous visons à offrir une compréhension plus approfondie des liens entre la résistance du fil et la performance des filtres industriels, ouvrant ainsi la voie à une amélioration de la conception et de la production des filtres pour atteindre une performance optimale.

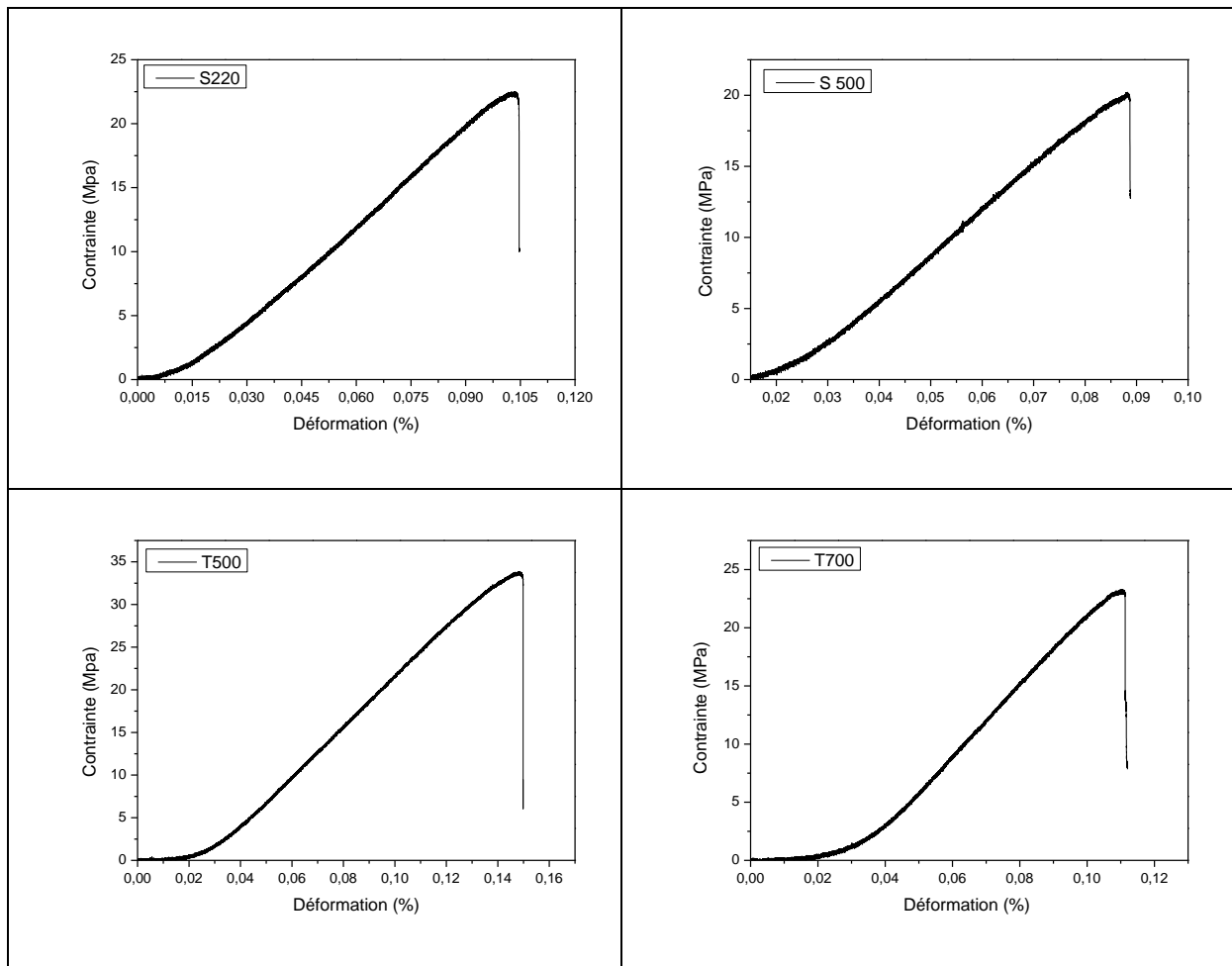


Figure 38:Le diagramme présentant les quatre courbes de contrainte-déformation

Tableau 3: de contrainte-déformation des fils

Le fil	S220	S500	T500	T700
Contrainte(MPA)	22,326304±1,516	20,57893±1,258	32,6498±1,40005	22,7009±1,274
Déformation(%)	0,106927±0,017	0,093127±0,0024	0,1394±0,0124	0,1260±0,0149

### Analyse des résultats

Le diagramme suivant présente quatre courbes de contrainte-déformation pour quatre fils de la même matière mais avec des propriétés différentes. Chaque courbe illustre la relation entre la contrainte et la déformation dont l'axe vertical (contrainte) est mesuré en mégapascals (MPa) et l'axe horizontal (déformation) est mesurée en pourcentage.

- **La courbe S220 :** Commence par une augmentation progressive de la contrainte avec une légère augmentation de la déformation jusqu'à atteindre un point de pic, puis diminue abruptement.
- **La courbe S500 :** Similaire à la courbe S220, mais s'étend sur une plage de déformation plus étroite. La contrainte atteint une valeur plus élevée avant la défaillance, ce qui indique que le fil peut supporter une contrainte plus importante par rapport au S220.
- **La courbe T500 :** Ce type de courbes montre une augmentation linéaire du stress avec la déformation jusqu'à un certain point, puis diminue abruptement. Cela reflète un fil ayant une bonne rigidité et une capacité à supporter le stress jusqu'au point de rupture.
- **La courbe T700:** Il présente un comportement similaire à la courbe 500, avec une capacité à supporter un stress plus élevé et une plage de déformation plus importante avant la défaillance. La courbe indique un fil solide et rigide.

### Comparaison des résultats :

Toutes les courbes montrent un comportement élastique au début, où le stress augmente linéairement avec la déformation. Après le point élastique, les courbes atteignent un point de pic (la contrainte maximale que le fil peut supporter). Après ce point, il y a une défaillance et le stress diminue brusquement, indiquant la rupture du fil.

Les différents matériaux ont des capacités différentes à supporter le stress avant la rupture. Les courbes S220 et S500 présentent un comportement similaire mais avec des capacités de charge différentes. Les courbes T500 et T700 montrent une capacité de charge supérieure avec des propriétés mécaniques accrues.

### Interprétation des résultats :

## **Applications :**

a-On utilise le fil à haute résistance pour filtrer les particules très fines telles que la poussière fine ou les bactéries. Ces types de filtres sont généralement utilisés dans des applications nécessitant une filtration de haute précision :

- Telles que la filtration médicale
- La purification de l'air
- Les industries de haute technologie
- Les salles blanches.

Ces filtres retiennent les particules fines grâce à la forte adhésion des matériaux dont ils sont constitués, empêchant ainsi le passage des petites particules.

b-On utilise le fil à faible résistance pour filtrer les liquides et les gaz lorsque l'objectif principal est d'éliminer les particules relativement grandes ou les impuretés sans entraver significativement le flux. Ces types de filtres sont généralement utilisés dans des applications nécessitant un flux fluide et une efficacité de filtration raisonnable :

- La filtration de l'eau
- Les systèmes de carburant
- La ventilation
- Le traitement des fluides industriels.

Le fil à faible résistance permet le passage rapide des liquides ou des gaz, ce qui le rend approprié pour les applications ne nécessitant pas une filtration de haute précision.

Les raisons d'utiliser des filtres à fils à haute résistance sont les suivantes :

- Garantir une efficacité de filtration élevée
- Améliorer la qualité de l'air ou du liquide
- Protection contre les contaminants fins
- Conformité aux normes sanitaires et industrielles
- Technologie de filtration avancée

Les raisons d'utiliser des filtres à fils à faible résistance sont les suivantes :

- Obtenir un débit élevé
- Élimination des grosses particules
- Réduction de la perte de pression
- Coût économique
- Exigences de filtration moins précises
- Utilisation en phase initiale

**-Les limitations:** Les résultats peuvent être influencés par des facteurs externes tels que l'humidité et la température pendant les tests. Il est important de refaire les tests dans des conditions différentes pour garantir la stabilité des résultats.

**-Les recommandations:** Effectuer des tests supplémentaires sur d'autres types de fils, comme les fils mélangés, pour comprendre l'impact du mélange sur les propriétés mécaniques. Étudier l'effet des facteurs environnementaux sur la résistance des fils au fil du temps pour mieux comprendre leur performance dans des conditions d'utilisation réelles.

D'après l'expérience sur les échantillons mentionnés précédemment, ils sont classés en deux catégories : ceux à haute résistance et ceux à faible résistance. De cela, nous concluons que les fils S220 et S500 sont utilisés dans les filtres nécessitant un flux fluide et une efficacité de filtration raisonnable, tandis que les fils T500 et T700 sont utilisés dans les filtres nécessitant une filtration haute et précise.

### **Conclusion :**

En conclusion de ce chapitre, nous pouvons affirmer que l'expérience de mesure de la résistance du fil a révélé des résultats importants contribuant à la compréhension de la relation entre les caractéristiques du fil et la performance des filtres industriels. L'analyse des données issues de l'expérience a montré que la résistance du fil joue un rôle crucial dans la détermination de l'efficacité de la filtration des particules, et par conséquent sur la productivité des filtres. Les résultats ont indiqué que les fils de résistance faible à moyenne étaient plus efficaces pour la filtration de l'eau, tandis que les fils de grande résistance étaient plus performants pour la filtration des particules fines.

Cette étude offre des perspectives précieuses qui peuvent orienter l'industrie des filtres industriels vers l'amélioration des conceptions des fils utilisés dans les filtres. Elle peut également aider à développer des processus de production plus efficaces et performants. Nous espérons que ces résultats serviront de base fondamentale pour des recherches futures dans ce domaine, et contribueront à réaliser des améliorations durables dans la technologie de filtration.

# **Conclusion générale**

## **Conclusion générale**

En utilisant les données de cette étude, nous avons pu mettre en lumière l'importance des filtres dans les différentes industries, leurs principes de fonctionnement, les domaines d'utilisation et leur choix selon les caractéristiques. L'amélioration de la conception des tissus et des fils qui les constituent pour les filtres industriels peut considérablement augmenter leur efficacité. L'analyse approfondie des résultats a révélé que le choix judicieux des propriétés des fils, notamment leur résistance, peut non seulement améliorer la capacité de filtration des particules et des liquides, mais aussi influencer positivement la durabilité et la longévité des filtres. Cette étude souligne également l'importance critique du développement de processus de production optimisés pour garantir une performance accrue et une économie de coûts dans la fabrication des filtres.

En conclusion, les recommandations formulées pour améliorer les conceptions de produits et les processus de fabrication représentent une base solide pour les recherches futures dans ce domaine. Elles visent à stimuler des avancées significatives et durables dans la technologie des filtres industriels, tout en répondant aux exigences croissantes en matière d'efficacité énergétique et environnementale.

## **Références et bibliographie**

## **Références et bibliographie**

1. Samko, S.G., Kilbas A.A. and Marichev, O.I., 'Fractional integrals and derivatives: Theory and applications', Gordon and Breach Science Publishers, Yverdon, 1993
2. K.S. Miller, B. Ross. An introduction to the fractional calculus and fractional differential equations. John Wiley and Sons. New York, USA, 1993.
3. Caputo, M., 'Linear models of dissipation whose  $q$  is almost frequency independent', Geophysical J. of the Royal Astronomical Society, Vol. 13, No. 5, pp 529-539,
4. Podlubny, I., 'Fractional differential equations: an introduction to fractional derivatives, fractional differential equations, to methods of their solution and some of their applications', Academic Press, San Diego, 1999
5. Filipe, A., 'Pseudo-invariance sous groupe de transformations : un nouveau concept pour la commande robuste', Séminaire Toulousain «Représentation Diffusive et Applications», N° 1, novembre 2000, pp 29- 48, disponible sur : <http://conf.laas.fr/st-rda>
6. Chen, Y. Q., 'Fractional order calculus, Fractional filter and fractional-order Control: An Overview & some recent developments', Utah State University Seminar, March 6, 2003, disponible sur : [http://mechatronics.ece.usu.edu/foc/ece6800chen\\_foc.p](http://mechatronics.ece.usu.edu/foc/ece6800chen_foc.p)
7. Charef, A., Sun, H.H., Tsao, Y.Y. and Onaral, B., 'Fractal system as represented by singularity function', IEEE Trans. on Automa. Cont., Vol. 37, No. 9, pp 1465-1470, 1992
8. Charef, A., Analogue realization of fractional order integrator, differentiator and fractional PI $\lambda$ D  $\mu$  controllers', IEE Proceeding on Control Theory Applications, Vol. 153, No. 6, pp 714-720, 2006
9. DJOUAMBI, "Contribution à la Commande Crone ", Université Mentouri, Constantine, Algérie, thèse de doctorat 2008.
10. D. IDIOU "Modélisation et Identification des Systèmes d'Ordre Fractionnaire ", Université des Frères Mentouri, Constantine-Algerie, Thèse de doctorat 2017
11. Berrim and Megdoud D. A., " Prédiction de la tension de contournement par l'approche d'optimisation PSO ", Université El Oued, Algérie, Mémoire de master 2019.
12. S. Das, "Functional Fractional Calculus for System Identification and Controls," Springer, New York, 2008.
13. I. Podlubny, "Fractional Differential Equations," Academic Press, San Diego, 1999.

14. I. N'Doye, "Généralisation du lemme de Gronwall-Bellman pour la stabilisation des systèmes fractionnaires," Thèse de doctorat de l'Université Henri Poincaré, Nancy 1, France, 23 février, 2011
15. D. Matignon, "Stability result on fractional differential equations with applications to control processing," in Proc. IMACS-SMC Proceedings, Lille, France, pp: 963-968, 1996.
16. I. Petras and L. Dorcak, "The Frequency Method for Stability Investigation of Fractional Control Systems," Journal of SACTA, Vol. 1, No. 1-2, pp: 75–85, 1999.
17. A. Monje, Y-Q. Chen, B-M. Vinagre, D. Xue, V. Feliu. "Fractional-order Systems and Controls Fundamentals and Applications," London: Springer, 2010
18. E.D. Sontag, "Mathematical control theory, Deterministic finite dimensional systems," Volume 6 of texts in applied mathematics, Springer Verlag, 1990.
19. D. Matignon, B. D'Andrea-Novel, "Some results on controllability and observability of finite-dimensional fractional differential systems," in Computational engineering in systems applications, IMACS, IEEE-SMC, Lille, France, Julie 1996.
20. D. Valério, "Fractional Robust System Control," PhD thesis, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal, 2005.
21. S. Ladaci, "Contribution à la Commande Adaptative d'Ordre Fractionnaire," Thèse de doctorat de l'Université Mentouri, Constantine, Algérie, 2007.
22. S. Manabe. The non-integer integral and its application to control systems. JIEE (Japanese Institute of Electrical Engineers) Journal, 80(860) : 589–597, 1960.
23. M. Axtell and E.M. Bise. Fractional calculus applications in control systems. In Proc. of the IEEE Nat. Aerospace and Electronics Conf., pages 563–566, New York, USA, 1990.
24. Y.Q. Chen and D. Xue. A comparative introduction of four fractional order controllers. In Proc. Of the 4th IEEE World Congress on Intelligent Control and Automatic (WCICA02), pages 3228-3235, Shanghai, China, June 2002.
25. A. Oustaloup. La dérivation non entière. Hermès. Paris, 1995.
26. A. Oustaloup. La commande CRONE. Hermès. Paris, 1991.
27. I. Podlubny. Fractional order systems and  $PI\lambda D\mu$  controllers, IEEE Transactions on Automatic Control, 44(1) : 208-214, 1999
28. Y.Q. Chen, B.M. Vinagre, and I. Podlubny. Continued fraction expansion approaches to discretizing fractional order derivatives - An expository review. Nonlinear Dynamics, 38 :155-170, 2004.

29. I. Kaya and D.P. Atherton. A PI-PD controller design for integrating processes. Proc, of American Control Conference, ACC99, pages 258-262, 1999.
30. A. Besançon-Voda and S. Gentil. Régulateurs PID analogiques et numériques. Technique de l'Ingénieur R 7416, Traité Mesures et Contrôle, 1999.
31. I. Podlubny. Fractional-order systems and fractional-order controllers. UEF-03-94, Slovak Academy of Science, Kosice, 1994
32. P. Borne. Analyse et régulation des processus industriels. Tome 1 : Régulation Continue, Editions Technip, Paris, pages 258-261, 1993.