

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحي جيجل  
Université Mohammed Essedik Ben Yahia JIJEL

كلية العلوم الدقيقة والإعلام الآلي  
Faculté Des Sciences Exacte Et Informatique

قسم الفيزياء  
Département De Physique



مذكرة مقدمة لنيل شهادة الماستر في الفيزياء

تخصص فيزياء المواد

تحت عنوان

تصنيع أغشية خزفية لها شكل أنبوب متعدد القنوات

من طرف

فدسي آسية

لجنة المناقشة:

رئيسا	جامعة محمد الصديق بن يحي جيجل	أستاذ	بومعيزة أحسن
مشرفا	جامعة محمد الصديق بن يحي جيجل	أستاذ	بوزرارة فرحات
ممتحنا	جامعة محمد الصديق بن يحي جيجل	أستاذة محاضرة	مجسم نبيلة

2021-2020

	مقدمة عامة
	الفصل الأول: عموميات حول الأغشية والترشيح
1	مقدمة
1	1-1 تعريف الترشيح
1	2-1 مفهوم الشريحة
2	3-1 أنواع المرشحات
2	4-1 مستويات الترشيح
2	1-4-1 الترشيح الدقيق
2	2-4-1 الترشيح الفائق
3	3-4-1 الترشيح النانومتري
3	4-4-1 أغشية التناضح العكسي
4	5-1 تصنيف الأغشية حسب الشكل
4	1-5-1 الأغشية المستوية
5	2-5-1 الأغشية الحلزونية
6	3-5-III الأغشية الأنبوبية
6	4-5-1 الأغشية الليفية
7	6-1 البنية التركيبية للأغشية
7	1-6-1 الأغشية المتجانسة (المتناظرة)
7	2-6-1 الأغشية غير متجانسة (غير متناظرة)
8	3-6-1 الأغشية الكثيفة
8	4-6-1 الأغشية المسامية
8	7-1 أنماط الترشيح
9	1-7-1 الترشيح الجبهي
9	2-7-1 الترشيح المماسي
10	8-1 بعض المقادير المميزة للمرشحات
10	1-8-1 عتبة القص
11	2-8-1 نسبة الانتقائية

11	1-8-3 المسامية
11	1-8-4 النفاذية
12	1-8-5 مقاومة الغشاء
12	1-8-6 الشحنة الكهروستاتيكية للغشاء
12	1-9-9 التعريف ببعض المواد الخزفية
12	1-9-1 السيليس $\text{SiO}_2$
14	1-9-1-1 الأنواع البلورية للسيليس
15	1-9-2 كربونات الكالسيوم $\text{CaCO}_3$ (الكالسييت)
15	1-9-3 الكاولان (DD3)
15	1-9-3-1 تحولات الكاولينيت أثناء المعالجة الحرارية
16	1-9-3-1 بعض خصائص الكاولان
	<b>الفصل الثاني: الطرق التجريبية والأجهزة المستعملة</b>
21	مقدمة
21	1-1-1 بعض تقنيات التحليل المستعملة في البحث
21	1-1-1 التحليل بالأشعة السينية
22	1-1-2 جهاز التحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية و المرئية ومبدأ عمله
23	1-2-2 الأجهزة المستعملة
23	1-2-1 الميزان الحساس
24	1-2-2 الغريال
24	1-2-3 الفرن
24	1-2-4 القدم القنوية
25	1-2-5 جهاز اختبار مقاومة الثني
26	1-2-6 تركيبة اختبار النفاذية
27	1-3-2 دراسة المواد الأولية المستخدمة
27	1-3-1 السيليس ( $\text{SiO}_2$ )
27	1-3-2 التحليل الكيميائي للسيليس ( $\text{SiO}_2$ )
27	1-3-3 تحليل مادة السيليس بواسطة انعراج الأشعة السينية
28	1-3-4 كربونات الكالسيوم ( $\text{CaCO}_3$ )

28	5-3-II التحليل الكيميائي لكاربونات الكالسيوم
29	6-3-II التحليل بواسطة الأشعة السينية لكاربونات الكالسيوم
	<b>الفصل الثالث: النتائج والمناقشة</b>
31	مقدمة
31	1-III تحضير المساند
33	2-III دراسة بعض خصائص المساند
33	1-2-III دراسة تأثير درجة الحرارة في متوسط قطر المسامات و نمط توزيعها
33	2-2-III دراسة النفاذية لمساند أحادية القناة
35	3-2-III حساب معامل النفاذية K للمساند أحادية القناة
36	4-2-III دراسة النفاذية للمساند ثلاثية القناة
37	5-2-III حساب معامل النفاذية لمساند ثلاثية القناة
38	6-2-III الخصائص الميكانيكية
40	7-2-III الاستقرار الكيميائي
41	3-III تحضير ودراسة الأغشية
41	1-3-III طريقة التحضير
43	2-3-III دراسة نفاذية الشرائح المحضرة
44	4-III بعض التطبيقات العملية لشرائح الكاولان
44	1-4-III التطبيق الأول : ترشيح الجيلاتين
46	2-4-III التطبيق الثاني : ترشيح ديكلوفيناك (diclofénac)
50	خلاصة عامة

### مقدمة عامة

يعد الماء ثروة طبيعية يجب المحافظة عليه لقوله تعالى " وجعلنا من الماء كل شيء حي"، لذا اهتم البحث العلمي والتكنولوجي بمعالجة المياه كونه المادة الوحيدة التي تستخدم في الصناعة بكميات كبيرة إلى حد يتفوق فيه استهلاكه وزنا وحجما على استهلاك كافة المواد الأخرى. يتم معالجة المياه بطرق وأساليب مختلفة ومتعددة منها: الطرق الفيزيائية، طرق معالجة كيميائية وبيولوجية منفردة أو متجمعة. ومن ضمن هذه الطرق نجد عملية الترشيح بواسطة الأغشية. تستخدم الأغشية في عدة مجالات منها معالجة المياه سواء كانت مياهها سطحية أو مياه الصرف الصحي وفصل الزيت عن الماء وأيضا في مجال النفط والغاز وفي التعدين وفي عدة مجالات أخرى كالتغذية والصيدلة و الكيمياء.

توجد عدة أنواع من الأغشية من بينها الأغشية الخزفية و العضوية والمعدنية. تتميز الأغشية الخزفية على الأغشية العضوية بإمكانية استخدامها في الظروف القاسية نظرا لخصائصها المتمثلة في المقاومة الميكانيكية العالية و الخمول الكيميائي الجيد. تصنع الأغشية الخزفية على شكل طبقة واحدة أو عدة طبقات و نظرا لرقة الأغشية فإنه يسهل تشققها، مما يتطلب ترسيبها على دعامة (أو مسند support) توفر لها القوة الميكانيكية اللازمة وتساعد على تحمل الإجهادات الخارجية، و تتميز الطبقة الفعالة بحجم مسامها الصغير مقارنة مع حجم مسامات المسند الذي تتركب عليه، و تكون مسامات الشريحة الفعالة من رتبة المواد المراد تنقيتها أو تصفيتها.

انطلاقا مما تم ذكره تأتي أهمية هذا البحث والذي هدفنا من خلاله إلى تحضير أغشية خزفية واستخدامها في مجال معالجة المياه.

قسم هذا البحث إلى ثلاثة فصول وهي:

الفصل الأول: تضمن هذا الفصل استعراض الجانب النظري للبحث وهو عبارة عن دراسة مرجعية حول الأغشية وبعض المواد الخزفية.

الفصل الثاني: تضمن هذا الفصل دراسة وتحليل المواد الأولية المستخدمة في الدراسة.

الفصل الثالث: تناول هذا الفصل عملية تحضير أشكال مختلفة من الأغشية ودراسة بعض خصائصها والتي تمثلت أساسا في قياس نفاذيتها ومقاومتها الميكانيكية والكيميائية ومجموعة من التطبيقات التي تم إجراؤها، كما تناول مناقشة النتائج المحصل عليها، وفي الأخير اختتم البحث بخلاصة عامة.

## مقدمة

تعتبر عملية الترشيح من أهم الأعمدة الأساسية في تنقية المياه، و تتمثل أهم فوائدها في إزالة المواد الصلبة والجسيمات الغروية [2,1] و التقليل من أعداد من الأحياء المجهرية و إزالة اللون و الطعم والرائحة و إزالة الحديد و المنغنيز وغيرها من العناصر.

### 1-1 تعريف الترشيح

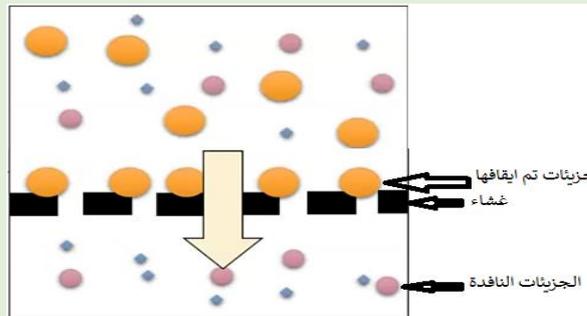
الترشيح (الشكل 1-1) هو عملية فصل الجزيئات الصلبة عن السائلة عبر فاصل أو حاجز مسامي يمنع مرور الجسيمات الصلبة ويسمح بمرور الراشح [3].



الشكل (1-1): صورة مبسطة لعملية الترشيح

### 2-1 مفهوم الشريحة

الشريحة عبارة عن حاجز فعال أو غير فعال يفصل طورين ويعمل على نقل المادة بينهما تحت تأثير قوة محرّكة كما هو موضح في الشكل (2-1) [4].



الشكل (2-1): رسم توضيحي لشريحة.

### 3-1 أنواع المرشحات

- قسمت المرشحات إلى ثلاثة أنواع وهذا حسب نوع المادة التي حضرت منها وهي:
- الجيل الأول: يتمثل في المرشحات العضوية المصنعة في الستينات و تتكون أساسا من آسيتات السيليلوز.
  - الجيل الثاني: نوع عضوي يعتمد على البوليميرات الاصطناعية.
  - الجيل الثالث: نوع معدني مصنع في الثمانينات يعتمد على الكربون وأكسيد الألمنيوم. و ظهر في الآونة الأخيرة جيل آخر ناتج عن تطعيم الأغشية العضوية على الأغشية المعدنية أو الخزفية.

### 4-1 مستويات الترشيح

يمكن تصنيف أغشية الترشيح وفقا لحجم المسام إلى أربعة أنواع من الأغشية، وهي: أغشية الترشيح الدقيق (MF) ، أغشية الترشيح الفائق (UF)، أغشية الترشيح النانوي (NF) وأغشية التناضح العكسي (RO) [4-7].

#### 1-4-1 الترشيح الدقيق (MF)

هو عملية يتم فيها استخدام أغشية متوسطة قطر مساماتها في نطاق  $0.1\mu\text{m}-10\mu\text{m}$ . يشار إليها على أنها أغشية مسامية وتتطلب ضغوطا عادة أقل من 1bar. و يركز في هذا النوع من الترشيح على خاصية التدفق أو النفاذية بدلا من الرفض وتتمثل أهم تطبيقاته فيما يلي [4,8-13]:

- ✓ التخلص من البكتيريا وبعض الغرويات والجزيئات العالقة.
- ✓ تنقية عصير الفواكه.
- ✓ استخلاص الخمائر.
- ✓ تعقيم المياه.
- ✓ معالجة المياه وفصل الزيت عنها.
- ✓ تركيز بعض منتجات الحليب.

#### 2-4-1 الترشيح الفائق (UF)

لهذا النوع من الأغشية مسامات صغيرة الحجم في نطاق  $2\text{nm}-100\text{nm}$ . وهذا يتطلب ضغوطا في حدود 1-6 bar وتتمثل أهم تطبيقاته فيما يلي [4,6]:

✓ رفع تركيز المحاليل والألبان.

✓ تحضير مياه عالية النقاوة ومعالجة مياه المجاري.

✓ إزالة الصبغيات والتخلص من الفيروسات.

#### 3-4-1 الترشيح النانوي (NF):

متوسط قطر مسام أغشية الترشيح النانوية من رتبة النانومتر، وأقل الضغوط التشغيلية هي 5-15 bar.

وتتمثل أهم تطبيقاته فيما يلي [6,4]:

✓ إزالة العناصر المعدنية من الماء.

✓ الرفع من تركيز المركبات العضوية ذات الكتلة المولية الضعيفة مثل المضادات الحيوية.

#### 4-4-1 أغشية التناضح العكسي (RO)

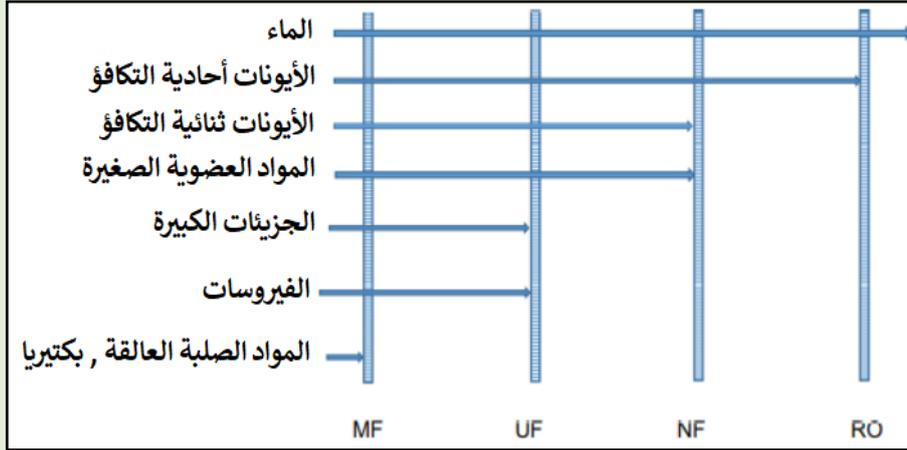
إذا كان لدينا غشاء يفصل بين وسطين، الأول به ماء والثاني به محلول مركز فإن جزيئات الماء سوف تنتقل من الوسط الأقل تركيزاً إلى الوسط الأعلى تركيزاً و يعرف هذا بالأسموز [14]. إذا طبق على المحلول المركز ضغط فان نسبة تدفق الماء إليه تنخفض و يرتفع الضغط يستمر تناقص التدفق حتى ينعدم و يسمى الضغط عند هذه النقطة بالضغط الأسموزي [14]. إذا زاد الضغط عن هذه القيمة تنعكس جهة انتقال جزيئات الماء لتصبح من المحلول الأعلى تركيزاً إلى الأقل تركيزاً، و تعرف هذه الظاهرة بالأسموز العكسي [14].

أغشية الأسموز العكسي هي أغشية كثيفة و تعمل بضغط مرتفعة تصل إلى 20 bar أو في نطاق 40-60bar لتحلية مياه البحر. في بعض التطبيقات يتم استخدام ضغوط عالية جداً والتي يمكن أن تصل إلى "100bar" للتناضح العكسي للضغط العالي وتتمثل أهم تطبيقاته (الشكل 1-3) فيما يلي:

✓ إزالة الأملاح من الماء.

✓ معالجة المياه وتحلية مياه البحر.

✓ إنتاج ماء عالي النقاوة.



الشكل (1-3): مستويات الترشيح [13].

### 1-5 تصنيف الأغشية حسب الشكل

تم تصنيف الأغشية حسب الشكل الذي صنعت عليه إلى أربعة أنواع من الأغشية وهي:

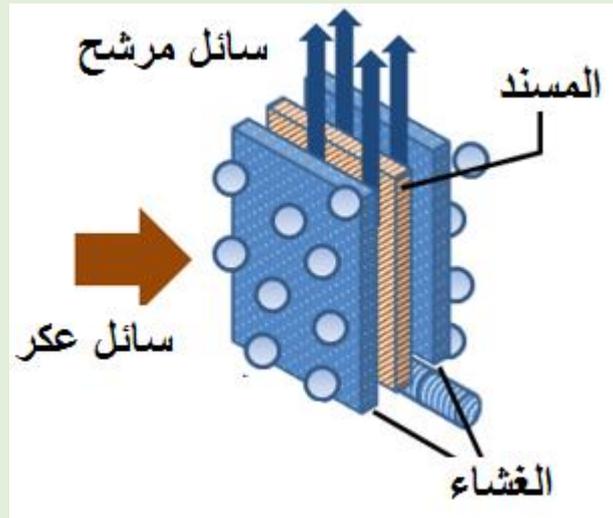
- أغشية مستوية.
- أغشية أنبوبية.
- أغشية حلزونية.
- أغشية ليفية.

### 1-5-1 الأغشية المستوية

توجد على شكل صفائح أحادية أو على شكل علبة مكونة من عدة صفائح (الشكل 1-4) وتوجد طريقتين لتحضيرها:

أ- **الضغط الهيدروستاتيكي:** في هذه الطريقة يتم تحضير مسحوق المادة الأولية ثم يكبس مباشرة تحت ضغط معين.

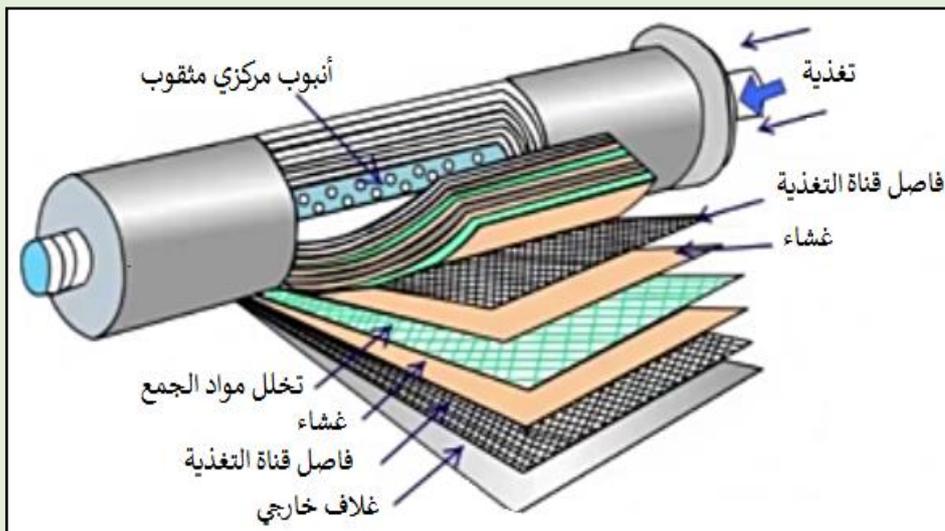
ب- **التصفيح:** تستخدم هذه الطريقة كثيرا. حيث تحضر العجينة الخزفية ليتم بعد ذلك تخفيض سمكها تدريجيا حتى الحصول على السمك المناسب وذلك باستعمال جهاز مخصص لهذا الغرض وتتميز الأغشية المستوية بسهولة الصنع والتركيب.



الشكل (1-4): الأغشية المستوية.

### 1-5-2 الأغشية الحلزونية

عبارة عن مجموعة من الطبقات الرقيقة المستوية تم لفها حول أنبوب يحتوي على فتحات تنفذ من خلالها المادة المرشحة. حيث تتواجد بين كل طبقتين شبكة مرنة تعمل على خلق اضطرابات في جريان المائع (الشكل 1-5) [6] وهي تتميز بثمانها المنخفض وتشغل حيزا صغيرا.



الشكل (1-5): غشاء حلزوني [6].

### 3-5-1 الأغشية الأنبوبية

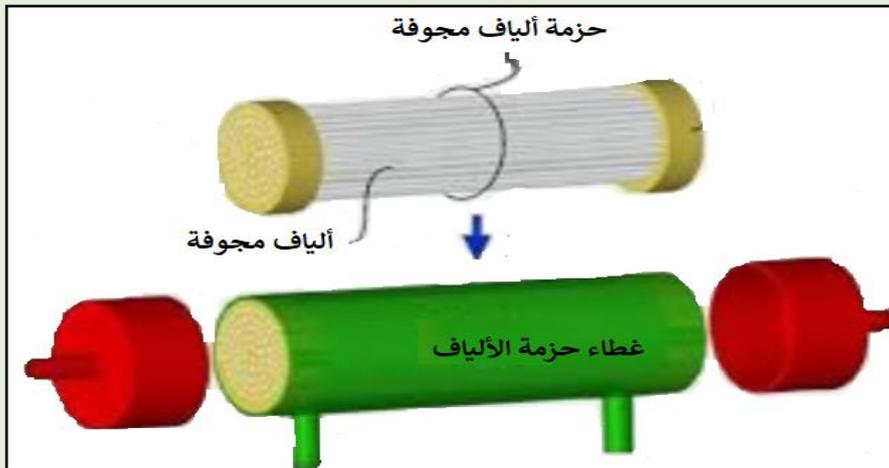
تمتلك هذه الأنابيب خاصيتين مهمتين تمثلت في المسامية والنفاذية العاليتين. حيث تكون المساند ذو قناة واحدة أو متعددة القنوات (الشكل 6-1) [6] ومن محاسنها أنها سهلة التنظيف وسهلة استبدال الأنبوب في حالة إصابته.



الشكل (6-1): الأغشية الأنبوبية.

### 4-5-1 الأغشية الليفية

عبارة عن مجموعة من الأنابيب لها قطر صغير [7]. ويكون دورها مزدوج أي مسند + شريحة في نفس الوقت عكس الأغشية الأنبوبية (الشكل 7-1) ومن محاسنها أن لها حجما ميتا ضعيفا.



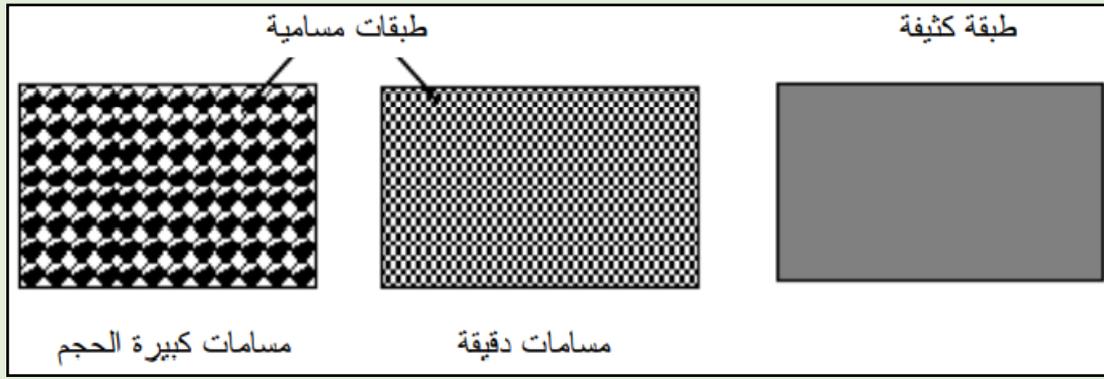
الشكل (7-1): الأغشية الليفية.

## 6-1 البنية التركيبية للأغشية

يتم تصنيف الشرائح استنادا إلى بنيتها المجهرية وشحنتها السطحية إلى عائلات أساسية أهمها: المرشحات المتجانسة وغير المتجانسة، المرشحات الكثيفة والمسامية [4-6].

### 6-1-1 الأغشية المتجانسة (المتناظرة)

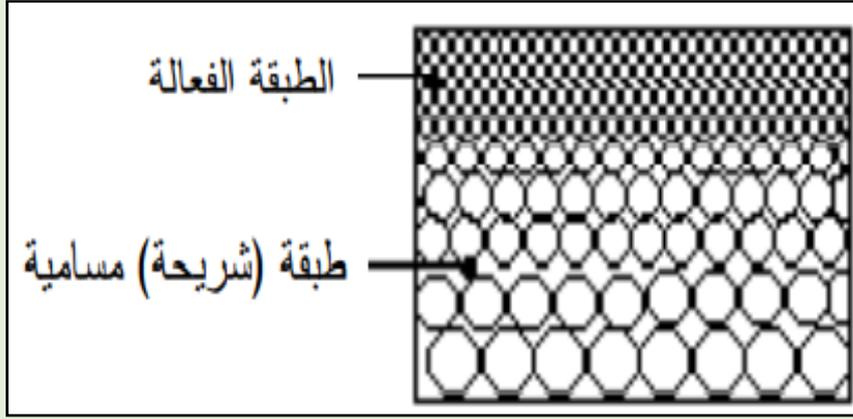
تتكون من طور واحد كالمرشحات العضوية، تستخدم خاصة في التنقية الميكرو نية. يمكن لهذه الشرائح أن تكون مسامية أو كثيفة (الشكل 8-1) [7].



الشكل (8-1): الأغشية الكثيفة والمسامية.

### 6-1-2 الأغشية غير متجانسة (غير متناظرة)

تمتاز ببنية مركبة تتكون على الأقل من طبقتين مختلفتين في المسامية وحجم المسام. الطبقة الأولى السفلية سميكة ومسامية وتعطي القوة الميكانيكية للطبقات الأخرى وتعتبر حاملا لها (الشكل 9-1) بينما تحدد الطبقة العلوية الفعالة مستوى نفاذية المرشح وتتحكم في خصائص الترشيح (النفاذية، الانتقائية.....) [7].



الشكل (1-9): الأغشية غير متناظرة.

### 1-6-3 الأغشية الكثيفة

تتميز الأغشية الكثيفة بمسامات صغيرة جدا ويتطلب استخدامها ضغطا عاليا. وهي تمتاز بدرجة انتقاء عالية لكن نفاذيتها ضعيفة. وهي تستخدم أيضا في فصل الغازات مثل فصل الأكسجين عن الهواء أو فصل الهيدروجين عن الماء.

### 1-6-4 الأغشية المسامية

الأغشية المسامية عبارة عن أوساط مرشحة تقوم بعملية فصل انتقائية أي تسمح بمرور العناصر المنحلة أو العالقة. تتميز الأغشية المسامية بفراغات أكبر من البعد الجزيئي للمادة. تستخدم في فصل الغازات والترشيح الدقيق والترشيح النانوي وتبعا لقطر المسام يمكن تصنيفها إلى:

-المسامات الميكروسكوبية أقطارها أقل من 2nm وتكون غالبا مرشحات خزفية.

-المسامات الميزوكروسكوبية قطرها محصور بين 2-50nm.

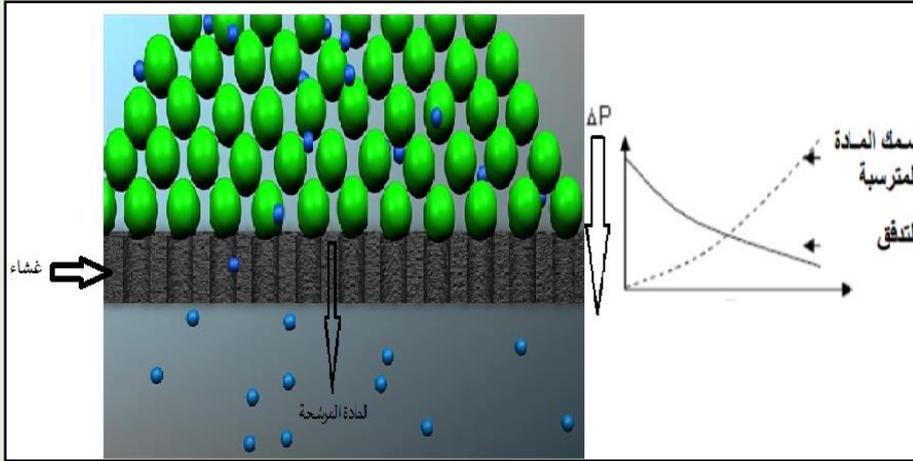
-المسامات الماكروسكوبية قطرها أكبر من 50nm.

### 1-7 أنماط الترشيح

يمكن أن تستخدم الأغشية في عملية الترشيح حسب طريقتين أساسيتين للاشتغال. الترشيح الجبهي أو الترشيح المماسي.

### 1-7-1 الترشيح الجبهي

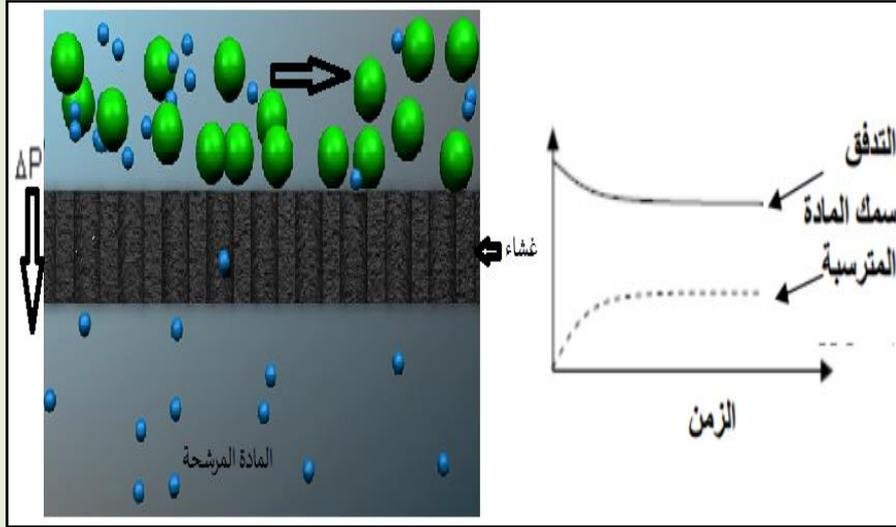
الترشيح الجبهي هو الأكثر سهولة في الاستخدام والأقل تكلفة. في هذه التقنية يرد السائل بشكل عمودي على سطح الغشاء (الشكل 1-10) [14] حيث أن بقايا الترشيح كلها تتكدس فوق سطح الغشاء. هذا النوع من الترشيح لا يمكنه أبدا الوصول إلى الحالة المستقرة. فالترشيح الجبهي عبارة عن تقنية تتطلب رعاية وكلفة طاقة عالية للاشتغال ضعيفتين بالمقارنة مع الترشيح المماسي.



الشكل (10-1): الترشيح الجبهي.

### 1-7-2 الترشيح المماسي

يكون جريان السائل في الترشيح المماسي موازيا لسطح الغشاء. فتدرج الضغط المطبق على سطح الغشاء من شأنه الحد من تكدس المادة المراد ترشيحها (الشكل 1-11). يستخدم الترشيح المماسي غالبا في الصناعة كونه يعمل تحت نظام ذو تدفق ثابت [14]. الترشيح المماسي مخصص لفصل الجسيمات الصغيرة جدا بحجم يتراوح بين النانومتر والميكرومتر. كما يستخدم الترشيح المماسي في الأسموز العكسي والترشيح النانومتري والترشيح الفائق والترشيح الدقيق ويتميز بالسرعة والفعالية والمرونة وله تنظيف ذاتي.

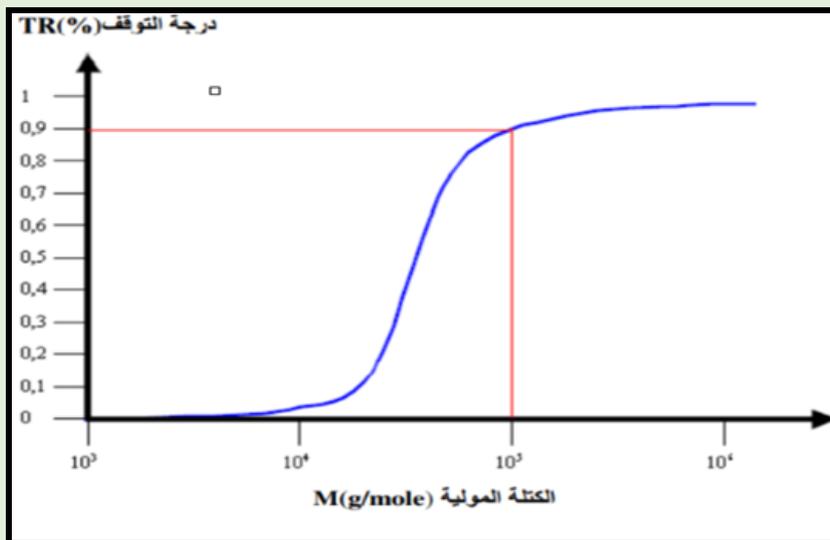


الشكل (11-1): نموذج الترشيح المماسي.

### 8-1 بعض المقادير المميزة للمرشحات

#### 1-8-1 عتبة القص

تمثل الكتلة المولية لأصغر الجسيمات التي يتم إيقافها من قبل الغشاء بنسبة تفوق 95% من المواد المذابة في المحلول (الشكل 12-1). هذا المفهوم يخص شرائح الترشيح الفائق (UF) وهو ما يميزها عن باقي الأغشية ويعبر عن إحدى خواصها ولها علاقة مباشرة بأبعاد مسامات الشريحة ولكن هناك عوامل أخرى مؤثرة منها شكل وأبعاد وشحنة الجزيئات المرشحة. تقاس عتبة القص بوحدة الجرام/مول أو الدالتون ( $1Da = 1g/mole$ ). تتعلق عتبة القص مباشرة بأبعاد مسامات الغشاء.



الشكل (12-1): تغير نسبة التوقيف بدلالة الكتلة المولية.

### 1-8-2 نسبة الانتقائية

انتقائية الغشاء هي نسبة التوقيف للعناصر المادية (أملاح. جزيئات ماكرونية. جسيمات). وتعرف بالمعامل  $TR(\%)$ .

$$TR(\%) = \left( \frac{C_0 - C_P}{C_0} \right) \cdot 100 = \left( 1 - \frac{C_P}{C_0} \right) \cdot 100$$

$C_0$ : التركيز الابتدائي للمحلول.

$C_P$ : تركيز العنصر في المحلول المرشح.

### 1-8-3 المسامية

يستخدم جهاز قياس الفراغات الزئبقي (prosimètre à mercure) لقياس مسامية الأغشية. هذه التقنية الدقيقة تسمح بمعرفة المسامية في العينات ومتوسط قطر الفراغات المفتوحة التي يمكن أن تصل أبعادها حتى 5nm. يعتمد مبدأ هذا الجهاز على الخاصية التي تملكها مادة الزئبق عند ملامستها للمواد. فعند وضع عينة مسامية في وعاء به زئبق فإن هذا الأخير لا يتوغل في مساماتها إلا بتطبيق ضغط معين.

### 1-8-4 النفاذية

يمكن تعريف النفاذية (A) عمليا بأنها النسبة بين التدفق ( $\phi$ ) وفرق الضغط بين جهتي الغشاء ( $\Delta p$ ) وهي تتعلق مباشرة بتركيبه.

$$A = \phi / \Delta p \quad \dots\dots\dots (1)$$

كما يعرف التدفق  $\phi$  على انه النسبة بين حجم السائل المرشح V خلال زمن t ووسطح الغشاء S. وحدته  $(l/(h.m^2))$

$$\phi = V / S.t \quad \dots\dots\dots (2)$$

بتعويض 2 في 1 نجد:

$$A = V / (\Delta p.s.t) \quad \dots\dots\dots (3)$$

يعبر عن نفاذية الشريحة بمقدار k يسمى معامل النفاذية وهو ميل المستقيم الممثل للدالة:

$$\phi = f(\Delta p)$$

### 1-8-5 مقاومة الغشاء

تتمثل في ممانعة الغشاء لجريان السائل عبره. ويعبر عنها بمقلوب النفاذية حيث تعطى بالعلاقة:

$$R_m = 1/A$$

وإذا اعتبرنا أن مسامات الغشاء أسطوانية الشكل فإن مقاومة الغشاء يمكن التعبير عنها بقانون (poiseuille) حسب العلاقة التالية:

$$R_m = 8 \delta / \eta_p \pi r_p^4$$

$\delta$  : سمك الغشاء.

$n$  : عدد الفراغات في وحدة السطح.

$r_p$  : نصف قطر الفراغات.

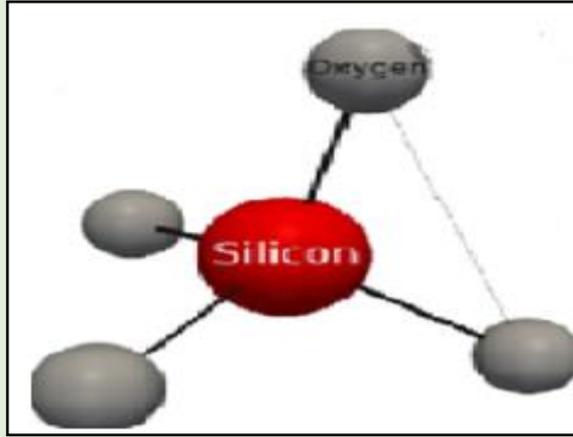
بأخذ مقلوب العلاقة السابقة نحصل على مقدار نفاذية الغشاء.

### 1-8-6 الشحنة الكهروستاتيكية للغشاء

ترفق ميكانيكية الترشيح بمنع مرور بعض حبيبات المحلول وهو ما يحرض ظواهر عدة كالاستقطاب وزيادة التركيز على مستوى المنطقة الفاصلة مائع/ مرشح. خلال عملية الترشيح تجتمع جزيئات المائع الموقوفة تدريجيا مشكلة طبقة جديدة تحد حركة المحلول وهو ما يسمى بطبقة الاستقطاب أو الطبقة الحدية. تتم عودة المادة المتراكمة إلى المحلول بانتشارها وفق تيار معاكس لاتجاه تدفق المائع الوارد إلى المرشح. إن لهذه الظاهرة المتكررة تأثيرا سلبيا على مدى فعالية المرشح واستقراره وخاصة أغشية الترشيح الفائق.

### 1-9 التعريف ببعض المواد الخزفية

1-9-1 السيليس  $SiO_2$  : هي مادة بيضاء اللون تتميز بالاستقرار الحراري الجيد و المقاومة الكيميائية الكبيرة. تتكون وحدة البناء الأساسية للسيليس من ذرة السليسيوم و أربع ذرات أكسجين مرتبطة فيما بينها بواسطة روابط نصف شاردية ونصف تكافئية (الشكل 1-13).



الشكل (13-1): الوحدة البنائية للسيليوس.

يعتبر السيليوس من أكثر العناصر وفرة على قشرة الأرض. يتبلور في أشكال مختلفة وهي: الكوارتز و التردميت و الكريستوباليت (الشكل 14-1) كما يوجد على أشكال غير متبلورة مثل سيليوس الزجاج.

يعتبر السيليوس منتج حراري له مميزات منها [15]:

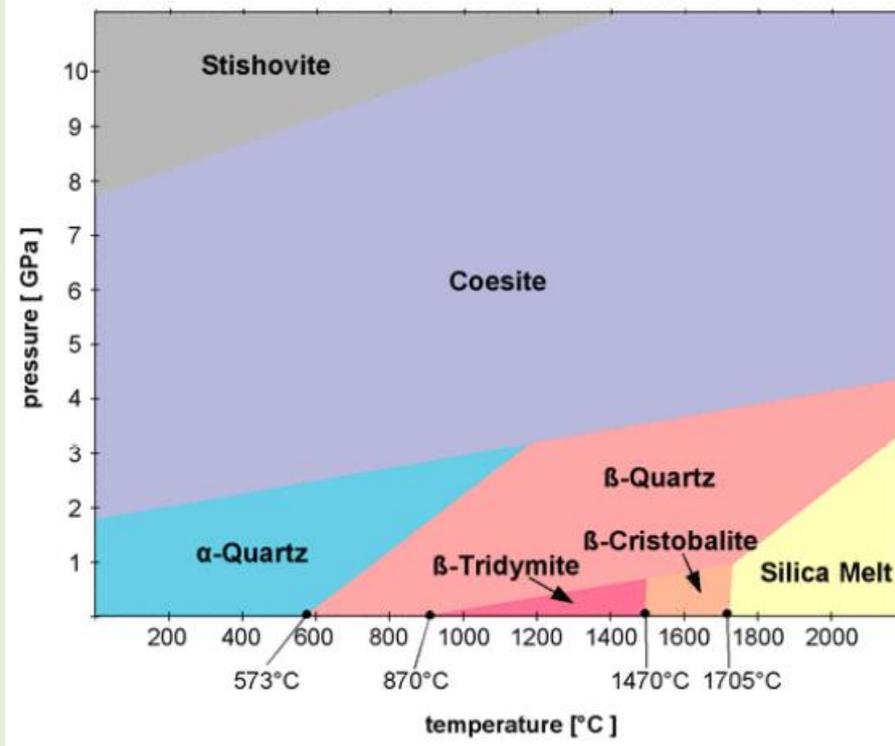
- درجة حرارة انصهار تبلغ حوالي 1700 درجة مئوية.

- كثافة تقدر ب 2.2.

- عازلية عالية  $a=1.5 \text{ w.m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  عند  $20^\circ\text{C}$ .

- معامل تمدد حراري منخفض جدا  $a=0.5 \cdot 10^{-6}$  عند  $20^\circ\text{C}$ .

نظرا لمميزات منتجات السيليوس فهو يستعمل في عدة مجالات منها: التعدين، صناعة الزجاج، أفران الفحم الحجري وأفران الخزفيات.



الشكل (14-1) : تحول السيليس مع درجة الحرارة [15].

### 1-1-9-1 الأنواع البلورية للسيليس

يوجد السيليس في عدة أشكال بلورية متعلقة بدرجة الحرارة:

#### أ- الكوارتز

هو مكون أساسي للصخور. ينتمي إلى المجموعة المعدنية من السيليكات. يمتاز بمقاومة شديدة للضغوط الجوية ومقاومة فيزيائية جيدة وكيميائية ممتازة. يوجد على شكلين مختلفين وهما الكوارتز  $\alpha$  و الكوارتز  $\beta$  [16].

يعتبر الكوارتز  $\alpha$  مستقرا عند درجات الحرارة الأقل من  $573^{\circ}\text{C}$  وله بنية ثلاثية متساوية الأحرف.

الكوارتز  $\beta$  هو نتيجة تحول الكوارتز  $\alpha$  في درجة الحرارة  $573^{\circ}\text{C}$  وله بنية شبه منحرف سداسي.

#### ب- التريديميت

يعتبر التريديميت من الأشكال النادرة. تتشكل عند درجة حرارة عالية في بعض الصخور البركانية وله بنيتين أساسيتين هما: التريديميت  $\alpha$  والتريديميت  $\beta$ . يملك التريديميت  $\alpha$  بنية بلورية معينة مستقيمة وهو

مستقر في درجات الحرارة المنخفضة [16]. بالنسبة للتريديميت  $\beta$  فهو مستقر في المجال  $870^{\circ}\text{C}$ - $1470^{\circ}\text{C}$  و يملك بنية سداسي.

### ج-الكريستوباليت

هو الشكل الثابت للسيليس في المجال الحراري  $1470^{\circ}\text{C}$ - $1713^{\circ}\text{C}$ . يوجد على شكلين هما: الكريستوباليت  $\alpha$  والكريستوباليت  $\beta$ .

يملك الكريستوباليت  $\alpha$  بنية رباعية أما الكريستوباليت  $\beta$  فله بنية مكعبة قريبة من بنية الألماس.

### 1-9-2 كربونات الكالسيوم $\text{CaCO}_3$ (الكالسيت)

تتواجد كربونات الكالسيوم على شكل صخور و تمتاز باللون الأبيض في حالتها النقية و هي موجودة بوفرة و تعد عنصرا غير نشط تتفكك بارتفاع درجة الحرارة و يقدر وزنها المولي بحوالي  $M = 100,1\text{g}$  و كتلتها الحجمية النظرية حوالي  $2,71\text{ g/cm}^3$  [17].

### 1-9-3 الكاولان (DD3)

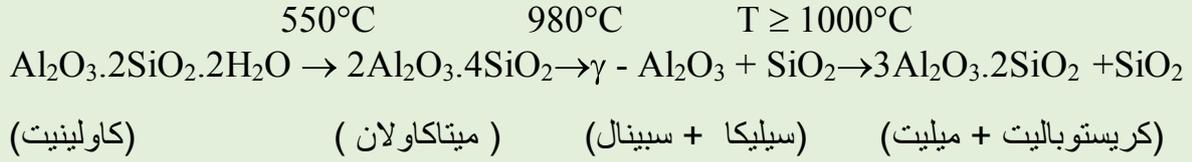
هي صخور صلصالية تكونت منذ مئات السنين من التحلل الحراري المائي لصخور الغرانيت وغيرها. والصخور الغنية بالكاولان تعرف بالطين الأبيض وتتكون الكاولان أساسا من الكاولينيت  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$  وهي مادة حرارية لديها درجة انصهار في حدود  $1700^{\circ}\text{C}$ ، و تتواجد في الطبيعة في هيئة قشور أو ألياف رقيقة وصغيرة جدا معينة أو سداسية الشكل [18]، و يعود أصل تسميتها إلى كلمة صينية تدل على اسم تل بالصين [19].

### 1-9-3-1 تحولات الكاولينيت أثناء المعالجة الحرارية

تحدث للكاولينيت  $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$  أثناء المعالجة الحرارية سلسلة من التحولات حتى يصبح في درجات الحرارة العالية عبارة عن ميليت  $3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$  و كوارتز  $\text{SiO}_2$ .

أول مرحلة في سلسلة التحولات هو التفاعل الحاصل في حدود  $550^{\circ}\text{C}$  و سبب حدوث هذا التفاعل هو خروج الماء الداخل في تركيب الكاولينيت وتشكل مركب جديد يعرف بالميتاكاولان  $(\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2)$  [21]، أما التفاعل الثاني فيحصل عند  $980^{\circ}\text{C}$  و هو محل خلاف بين الباحثين، فالبعض أرجع حدوثه إلى تشكل طور السبينال  $(\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3)$ ، فيما يرجح البعض الآخر تشكل طوري الميليت و السبينال، وتقترح مجموعة أخرى من الباحثين تشكل طور الميليت دون أي طور آخر [22]، و هناك تحول ثالث يقع

في المجال  $1100^{\circ}\text{C}$ - $1200^{\circ}\text{C}$  وهو ناتج عن تشكل مركب الميليت ، غير أن هذا الأخير يمكن أن يتشكل عند درجات حرارة أقل و ذلك حسب نسبة الألومين التي تحتوى عليها مادة الكاولينيت [22].  
ويخلص المخطط التالي أهم التحولات الحاصلة في الكاولينيت أثناء المعالجة الحرارية:



### 1-3-2 بعض خصائص الكاولان

#### 1- الخصائص الكيميائية

يتكون الكاولان النقي أساسا من الكاولينيت المتبلور بصفة جيدة إضافة إلى نسبة من الشوائب غالبا ما تكون مهمة و من بينها:

**الشوائب الكاشطة:** تتمثل هذه الشوائب أساسا في الكوارتز حيث يعمل على كشط الكاولان.

**الشوائب الطينية:** تؤثر هذه الشوائب بصفة سلبية على الخصائص الريولوجية للمزيج المائي المعلق ذي التركيز العالي من الكاولان.

**الشوائب الملونة:** تتمثل أساسا في:

أ- **أكسيد الحديد ( $\text{FeO}_3$ ):** يلون الكاولان بالأصفر المائل للحمرة. يتم التخلص منه بطرق مختلفة منها الكيميائية أو الفيزيائية أو طرق الفصل بالطفو.

ب- **أكاسيد التيتان:** عبارة عن مواد خاملة لتيتان وهي مواد حرة. تلون الكاولان بالرمادي المائل للإصفرار. يمكن التخلص منها بسهولة بطرق فيزيائية وكيميائية.

#### 2- الخصائص الفيزيائية

يلخص الجدول (1-1) أهم الخصائص الفيزيائية للكاولان.

**الجدول (1-1):** بعض الخصائص الفيزيائية للكاولان [20].

الفصل الأول: عموميات حول الترشيح

الخاصية	الوحدة	القيمة
الكتلة الحجمية	(g /cm <sup>3</sup> )	2.6-2.63
الصلادة	(Mohs)	2-2.5
معامل التمدد الحراري (700°C-20)	(K <sup>-1</sup> )	(5-7).10 <sup>-6</sup>
الناقلية الحرارية	(cal/cm.s.°C)	(4-5).10 <sup>-3</sup>
درجة حرارة الاستعمال	(°C)	1700
مقاومة الشد	(kg/cm <sup>2</sup> )	50-210
مقاومة الإجهادات الحرارية	-	جيدة
نسبة امتصاص الماء	(%)	10-20

- [1] O. Qabaqous, N. Tijani, M. Naciri Bennani, A. El Krouk. Elaboration et caractérisation des supports plans à base d'argile (Rhassoul) pour membranes minérales. Mater. Environ. Sci. 5 (S1) (2014) 2244–2249.
- [2] D. Vasanth, G. Pugazhenth, R. Uppaluri. Fabrication and properties of low cost ceramic microfiltration membranes for separation of oil and bacteria from its solution, Journal of Membrane Science 379 (2011) 154– 163.
- [3] J. L. branlt . Memento Technique De L'eau, Edition du Cinquantenaire, P 176–220 (1989).
- [4] T. Adrian Paul. Etude comparée du colmatage en nano filtration et en ultrafiltration d'eau de surface. Thèse doctorat, Faculté Des Sciences et de Génie, Maîtrise en génie civil, Université Laval, France. (2004).
- [5] J.P. Brun. Procédés de séparation par membranes (Transport Techniques membranaires Application). MASSON, Paris Milan Barcelone Mexico, pp. 1–241 (1989).
- [6] J. Bertrand et all. Génie Des Procédés. TEC.DOC., pp 137–200, Paris (1992).
- [7] A. Maurel. Osmose inverse et ultrafiltration, II Technologie et application. Technique de l'ingénieur. J 2796, pp. 1–16
- [8] K. Suresh, G. Pugazhenth. Cross flow microfiltration of oil–water emulsions using clay based ceramic membrane support and TiO<sub>2</sub> composite membrane. Egyptian Journal of Petroleum., 26(3), (2017), 679–694.

[9] Y. Wang, X. Liu, G. Meng. Preparation of asymmetric pure titania ceramic membranes with dual functions. *Materials Science and Engineering: A* 445–446, (2007), 611–619.

[10] R. Vinoth Kumar, A. Kumar Ghoshal, G. Pugazhenth. Elaboration of novel tubular ceramic membrane from inexpensive raw materials by extrusion method and its performance in microfiltration of synthetic oily wastewater treatment, *Journal of Membrane Science.*, 490, (2015), 92–102.

[11] S. Foorginezhad, M.M. Zerafat. Microfiltration of cationic dyes using nano-clay membranes. *Ceramics International*. 43 (17), (2017), 15146–15159.

[12] E. Park, S. M. Barnett. Oil/water separation using nanofiltration membrane technology. *Separation Science and Technology.*, 36 (7), (2001), 1527–1542.

[13] J.M. Benito, A. Conesa, F. Rubio, M.A. Rodriguez. Preparation and Characterization of Tubular Ceramic Membranes for Treatment of Oil Emulsions. *J. Eur. Ceram. Soc.*, 25, (2005), 1895 –1903.

[14] A. maurel., "Technique séparatives à membranes, Considérations théoriques", *Technique de l'ingénieur*. J 2790, pp. 1–24

[15] F. Mambert, *La Silice Pour L'industrie*. Département Géologie. ORLEONS CEDEX 2 – France. 1989.

[16] نور الدين صالح بشينة، الخواص التطبيقية لثاني أكسيد السيليكون من الرمل الى التقنيات المتقدمة، *المجلة الجامعة – العدد السابع عشر – المجلد الثاني – 2015*.

[17] Y. G. Shi and G. L. Messing, *J. Am. Ceram. Soc.*, pp 67–109, (1984).

[18] C. Chaussin, G. Hilly, "Métallurgie", EdDunod, Univ Wisconsin–Madison, France, 1973, pp. 100–300.

## مقدمة:

توجد عدة تقنيات لدراسة وتحليل المواد، وهي تمكننا من معرفة طبيعة المواد والخصائص المميزة لها. ومن بين هذه التقنيات: انعراج الأشعة السينية (DRX)، التحليل بالأشعة فوق البنفسجية والمرئية وتحت الحمراء و الفلورة السينية والمجهر الإلكتروني وغيرها من التقنيات.

## II-1 بعض تقنيات التحليل المستعملة في البحث

## II-1-1 التحليل بالأشعة السينية

الأشعة السينية عبارة عن موجات كهرومغناطيسية غير مرئية لا تتأثر بالمجالات الكهروضوئية ولا بالمجالات المغناطيسية لأنها ليست دقائق مشحونة. تم اكتشافها بالصدفة من قبل العالم رونتنجن من عام 1895 [1].

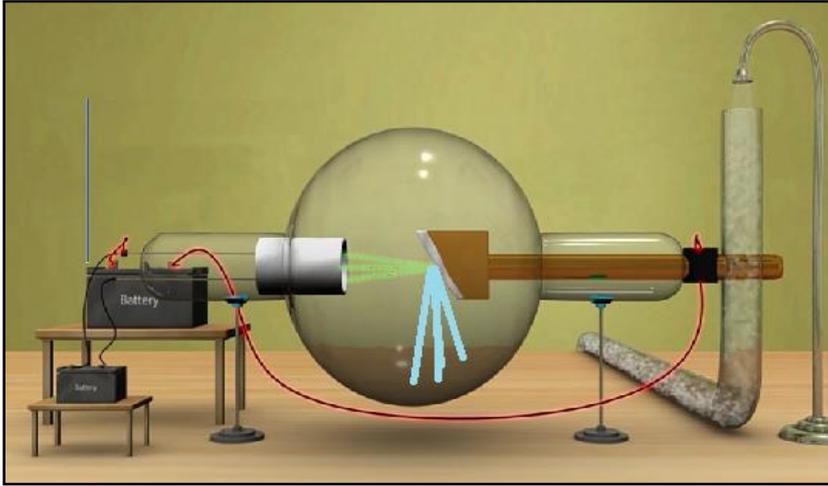
تتولد الأشعة السينية في أنبوبة مفرغة من الهواء إلى درجة كبيرة جدا عرفت تاريخيا بأنبوبة كوليدج. يحتوي هذا الأنبوب على قطبين الكاثود والأنود. يتصل الفنتيل (غالبا ما يكون التنغستين لأن عدده الذري كبير  $Z=74$ ) بالقطب السالب للمصدر، و تنبعث منه الإلكترونات نحو الهدف (عبارة عن معدن) المائل بزاوية معينة مع اتجاه سقوط الإلكترونات و المتصل بالقطب الموجب للمصدر. تنتج الأشعة السينية عند اصطدام الإلكترونات بمعدن الهدف بواسطة آليتين متميزتين:

- تمتلك بعض الإلكترونات سرعة عالية جدا للتأثير على السحابة الإلكترونية الداخلية لذرات الهدف التي تكون في حالة إثارة. عند عودتها إلى الحالة الأساسية تنبعث الأشعة السينية المميزة لها.

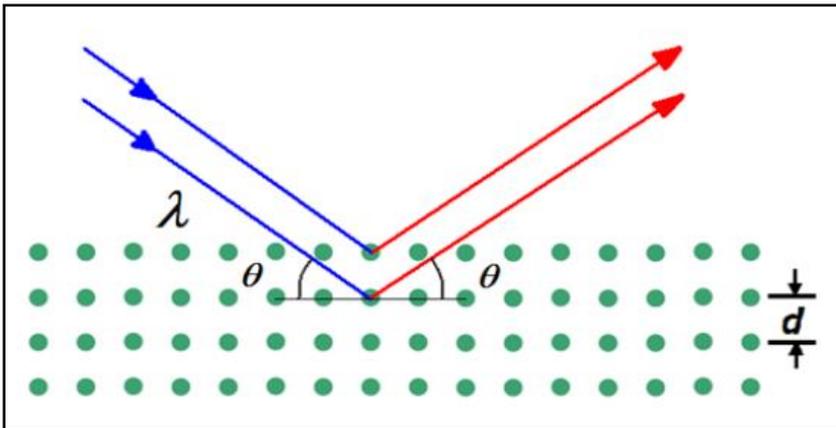
- تقوم مادة الهدف بكبح الإلكترونات فتننتج عنها إشعاعات الكبح متمثلة في الأشعة السينية للكبح. برهن براغ على أن الأماكن شديدة الضوء يمكن تحديدها بزاوية (الشكل II-2) حسب العلاقة التالية

$$2d \sin \theta = n \cdot \lambda \quad [1]:$$

و تم استعمال الأشعة السينية للكشف عن الأطوار المتشكلة والتركيب الكيميائي للعينات.



الشكل (II-1): مبدأ انعراج الأشعة



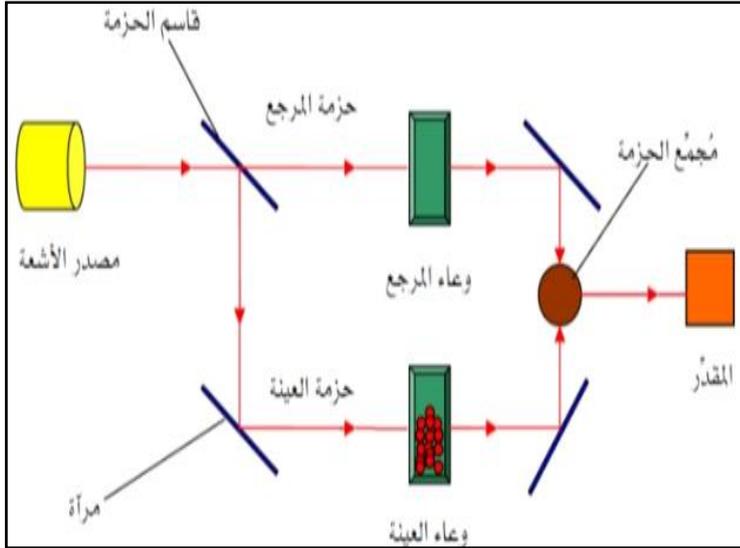
الشكل (II-2): انعراج الأشعة السينية على المستويات البلورية [1].

## II-1-2 جهاز التحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية والمرئية ومبدأ عمله

يمكن إجراء التحليل الطيفي للجزيء باستخدام الأشعة فوق البنفسجية والمرئية (UV-VIS) لدراسة الخصائص الضوئية مثل الامتصاص والنفاذية الضوئية... الخ. يعتمد مبدأ عمل هذا الجهاز على تفاعل الضوء مع العينة المراد تحليلها.

يتكون جهاز التحليل الطيفي من مصدر ضوئي (الأشعة). يتم تسليط هذه الأشعة على المادة المتواجدة في حامل العينة. تمر حزمة الأشعة عبر موحد الطول الموجي وهذا من أجل تحديده. بعد عملية معالجة الموجة بموحد الطول الموجي تنتج حزمة فوتونات في كل مرة لها طول موجي معين فتوجه هذه الحزمة

نحو مرآة نصف عاكسة لتقسم حزمة الفوتونات إلى حزمتين واحدة تمر عبر العينة والأخرى تمر عبر مرجع يكون عادة من الزجاج. بعد ذلك توجه الحزمتان نحو الكاشف. لمقارنة النتائج ورسومها كما هو موضح في الشكل (3-11) حيث يعطي المنحنى الناتج تغيرات طيف النفاذية تبعاً لطول الموجي.



الشكل (3-11): مبدأ عمل جهاز UV-Vis.

## 2-11 الأجهزة المستعملة

### 2-11-1 الميزان الحساس

تم استخدام ميزان إلكتروني من نوع college (الشكل 4-11) وذلك لقياس كتلة المساحيق المستعملة في تحضير الأنابيب وأيضاً في قياس الضياع في الكتلة.



الشكل (4-11): الميزان الإلكتروني.

## II-2-2 الغربال

تم استعمال الغربال (Metal Wire Test Sieve) في غربلة المساحيق ويقدر قطر فتحاته بـ 0.045mm.

## II-2-3 الفرن

تمت المعالجة الحرارية للعينات في فرن كهربائي من نوع (Nabertherm-p330). تصل درجة حرارته القصوى إلى 1500°C (الشكل II-5).



الشكل (II-5): الفرن الكهربائي.

## II-2-4 القدم القنوية

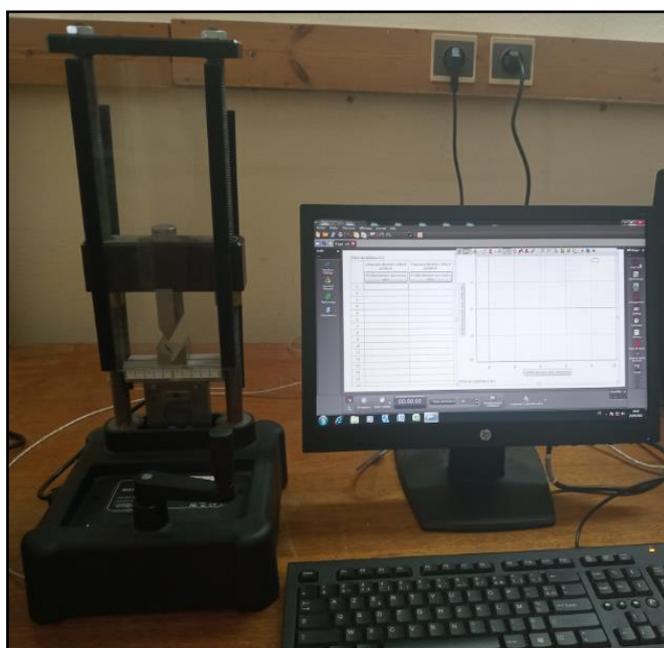
تم استخدام قدم قنوية إلكترونية (الشكل II-6) لقياس أبعاد العينات.



الشكل (II-6): القدم القنوية.

## II-2-5 جهاز اختبار مقاومة الثني

تم إجراء اختبار الثني ذو ثلاث نقاط باستعمال جهاز من نوع Pasco materials testing system (الشكل II-7). أما العينات المحضرة فهي على شكل متوازي المستطيلات.



الشكل (II-7): جهاز اختبار الثني.

6-2-II تركيبة اختبار النفاذية

التركيبان التجريبيان المستعملان في اختبار النفاذية وترشيح السوائل موضحان في الشكل (8-II) والشكل (9-II).



الشكل (8-II): تركيبة اختبار النفاذية.



الشكل (9-II): جهاز الترشيح.

### II-3 دراسة المواد الأولية المستخدمة

تتمثل المواد الأولية الأساسية التي تم استعمالها في: السيليس وكربونات الكالسيوم والكاولان.

#### II-3-1 السيليس (SiO<sub>2</sub>)

تم استعمال مادة رمل السيليس (رمل الكوارتز) كمادة أساسية في تحضير المساند. وقد حصلنا عليها من مصنع الخزف بمدينة المليية (مكان تواجدها الأصلي هو منطقة بئر العاتر بولاية تبسة). تمتاز بلون أبيض ونعومة كبيرة.

#### II-3-2 التحليل الكيميائي للسيليس (SiO<sub>2</sub>)

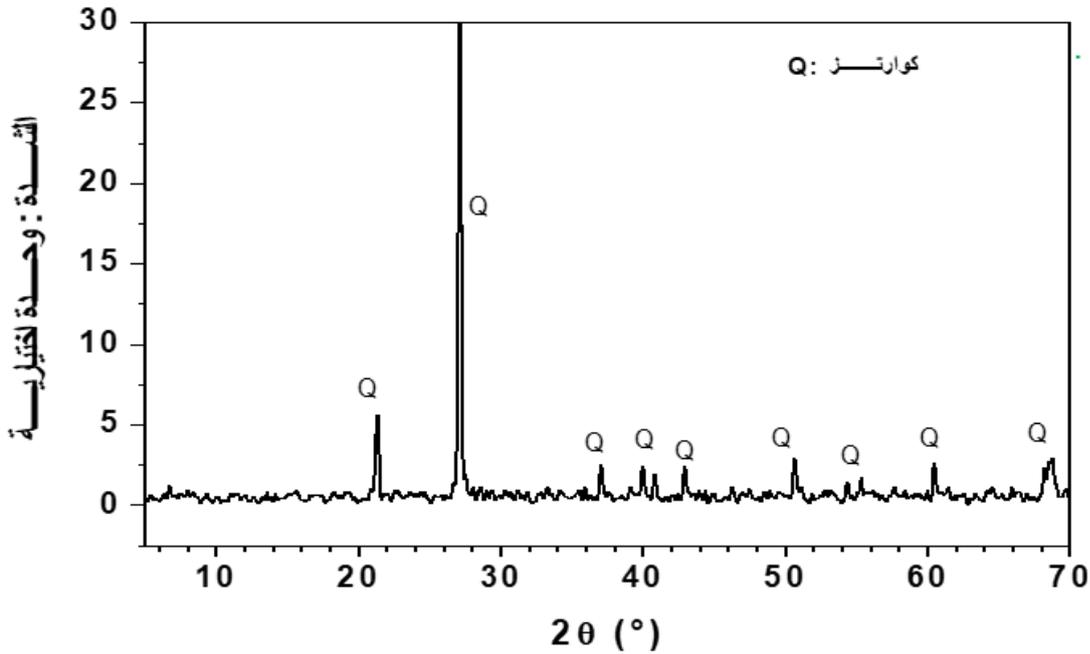
نتائج التحليل الكيميائي لرمل الكوارتز موضحة في الجدول (II-1). حيث نلاحظ وجود نسبة ضئيلة من الشوائب لا تتعدى 1% وهذا دليل على نقاوة المادة.

الجدول (II-1): التحليل الكيميائي للسيليس [2].

الأوكسيد	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>	PF
النسب الوزنية	99.0	0.26	0.12	0.18	0.04	0.01	0.06	0.03	0.01	0.03	0.25

#### II-3-3 تحليل مادة السيليس بواسطة انعراج الأشعة السينية

يبين الشكل (II-10) طيف انعراج الأشعة السينية لمادة السيليس. حيث يوضح تحليل هذا المخطط أن جميع الخطوط تابعة لمادة الكوارتز. لذلك يطلق اسم رمل الكوارتز على السيليس.



الشكل (II-10): طيف انعراج الأشعة لعينة من مسحوق السيليس (بطاقة رقم 1045-46).

### II-3-4 كربونات الكالسيوم ( $\text{CaCO}_3$ )

تم الحصول على كربونات الكالسيوم من محجرة بونورة مدينة قسنطينة. تمتاز باللون الأبيض والنقاوة العالية. تم إضافتها في تحضير المساند لغرضين هما: تحسين نسبة المسامية وتخفيض درجة المعالجة الحرارية [3].

### II-3-5 التحليل الكيميائي لكربونات الكالسيوم

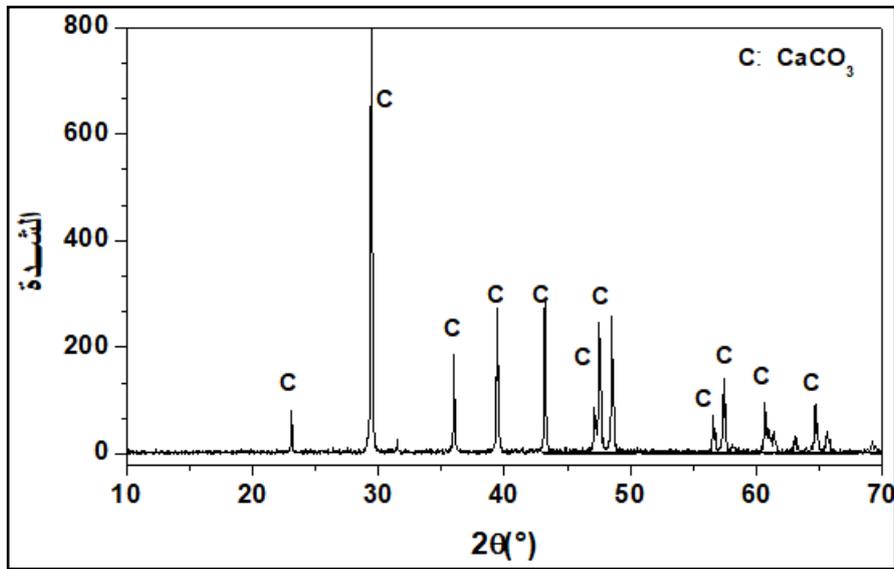
نتائج التحليل الكيميائي لأكسيد الكالسيوم المستخلص من كربونات الكالسيوم موضحة في الجدول (II-2). حيث نلاحظ وجود نسبة قليلة من الشوائب.

الجدول (II-2): التحليل الكيميائي لأكسيد الكالسيوم [3].

SO <sub>3</sub>	Cl	SrO	CaO	K <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	الأكسيد
0.011	0.037	0.013	99.692	0.007	0.145	0.088	0.006	النسبة الوزنية

## 6-3-II التحليل بواسطة الأشعة السينية لكريونات الكالسيوم

تم استخدام شعاع سيني طول موجته  $1.54 \text{ \AA}$  من أجل دراسة عينة من كريونات الكالسيوم فتحصلنا على مخطط انعراج الأشعة الموضح في الشكل (11-II). تمت الاستعانة ببطاقات تعريف العناصر A.S.T.M. للكشف عن الأطوار المشكلة للمادة تبين أن جميع خطوط الانعراج تابعة لكربونات الكالسيوم وهذا دليل على نقاوة المادة.



الشكل (11-II): طيف انعراج الأشعة لكربونات الكالسيوم.

## المراجع

- [1] Jean–Jacques Rousseau. Cristallographie géométrique et radiocristallographie. pp–108–173– Dunod, Paris, 2007.
- [2] C. Kadiri, A. Harabi, F. Bouzerara, L. Foughali, N. Brihi, S. Hallour, A. Guechi, B. Boudaira. Preparation and properties of tubular macroporous ceramic membrane supports based on natural quartz sand and dolomite, Journal of the Australian Ceramic Society (2019) <https://doi.org/10.1007/s41779-019-00338-2>.
- [3] N. Kouras, A. Harabi, F. Bouzerara, L. Foughali, A. Policicchio, S. Stelitano, F. Galiano, A. Figoli , Macro–porous ceramic supports for membranes prepared from quartz sand and calcite mixtures, Journal of the European Ceramic Society, Volume 37, Issue 9, August 2017, Pages 3159–3165.

### خلاصة عامة

تم الاهتمام بتصنيع المرشحات من قبل الباحثين نظرا لأهميتها الكبيرة وتطبيقاتها الواسعة في مختلف الميادين كالصيدلة، الصناعات الغذائية، البيولوجيا والطب وغيرها.

تم في هذا البحث تحضير المساند انطلاقا من مواد خزفية محلية تمثلت في كل من مادة رمل السيليس ( $\text{SiO}_2$ ) وهي المادة الأساسية المستعملة و مادة كربونات الكالسيوم ( $\text{CaCO}_3$ ) التي استخدمت من أجل تحسين المسامية وخفض درجة حرارة التلييد. تم تحضير شكلين مختلفين من المساند (القواعد) وهما: شكل أنبوب أحادي القناة و شكل أنبوب ثلاثي القناة. هذه المساند تم تحضيرها باستخدام تقنية البثق و تمت معالجة العينات في درجات حرارة مختلفة  $1350^\circ\text{C}$  و  $1375^\circ\text{C}$  و  $1425^\circ\text{C}$ . بعد عملية التحضير تمت دراسة بعض خصائص العينات حيث تم حساب قيم معامل النفاذية انطلاقا من حساب قيم التدفق ومن خلال النتائج المحصل عليها تبين أن نفاذية المساند المحضرة تتزايد مع تزايد درجة حرارة المعالجة. دراسة الخصائص الميكانيكية تمثلت في إجراء اختبار الثني على عينات لها شكل متوازي المستطيلات معالجة في درجات حرارة مختلفة وقد بينت نتائج هذه الدراسة وجود تناسب عكسي بين كل من إجهاد الثني ودرجة الحرارة. بالإضافة إلى دراسة النفاذية و الخصائص الميكانيكية تمت دراسة الاستقرار الكيميائي للعينات المحضرة حيث تم وضع أربع عينات معالجة عند درجتي حرارة مختلفتين  $1375^\circ\text{C}$  و  $1425^\circ\text{C}$  في وسطين مختلفي ال pH (وسط قاعدي  $\text{pH}=11.11$  ووسط حمضي  $\text{pH}=2.45$ ) من خلالها تم الحصول على منحنيات الضياع في الكتلة بدلالة الزمن وقد أظهرت النتائج أن نسب الضياع في الكتلة ضعيفة جدا أي أن المساند تمتاز باستقرار كيميائي جيد (لها القدرة على مقاومة الأوساط الحمضية والقاعدية).

بعد تحضير القواعد تم تحضير شريحة الكاولان باستعمال تقنية الصب ثم معالجتها في درجة الحرارة  $580^\circ\text{C}$ . الشريحة المحضرة استخدمت لفصل مادتي الجيلاتين وديكلوفيناك المذابين في الماء المقطر وهذا لمعرفة مدى فعاليتها في فصل الجزيئات. تحليل عينات الترشيح تم باستخدام جهاز مطياف الأشعة فوق البنفسجية والمرئية (UV - VIS) التي من خلالها تم رسم منحنى المعايرة و حساب نسبة الانتقائية وقد بينت النتائج المحصل عليها فعالية الغشاء المحضر في عملية الفصل.

[19] A. Jourdain, "La technologie des produits céramiques réfractaires", Ed Gauthier-Villars, Paris, France, 1993, pp. 20–40.

[20] S. Caillere, S Henin, M. Rautureau, "Minéralogie des argiles", Ed Masson, Paris, France, 1 (1982)1–20.

[21] G. Aliprandi, "Matériaux réfractaires et céramiques techniques", Ed Septima, Paris, France, 1979, pp.238–260.

[22] A. K. Chakraborty, D. K. Ghosh, "Reexamination of the kaolinite-to-mullitereactionseries", J.Am. Ceram.Soc. 61(1978) 170–173.

## ملخص

يتعلق هذا البحث بالمجال التقني للترشيح المماسي باستخدام الأغشية. صنعت هذه الأغشية من مواد خزفية وتتكون من دعامة مسامية وطبقة الفصل. تم تحضير الدعامة باستخدام تقنية البثق. تملك هذه الدعامة نفاذية جيدة وخواص ميكانيكية وكيميائية مقبولة تبرر استخدامها كقاعدة لترسب عليها طبقة أو طبقات رقيقة أخرى. أما بالنسبة للأغشية فقد تم تحضيرها باستخدام تقنية الصب. أظهرت نتائج عملية الترشيح أن هذه التقنية لديها قدرة كبيرة على معالجة المياه وفصل الجزيئات.

**الكلمات المفتاحية:** السيليس، الكالسيت، القاعدة، الغشاء.

## Résumé :

Le présent travail concerne le domaine technique de la séparation tangentielle mettant en oeuvre des éléments de séparation appelés membranes. Ces membranes sont élaborées à partir de matériaux céramiques et constituées d'un support poreux et une couche séparatrice.

Les supports ont été élaborés en utilisant la technique d'extrusion. Ils ont révélé une bonne perméabilité et des propriétés mécaniques et chimiques acceptables justifiant leurs emplois pour la déposition des couches membranaires.

L'élaboration des membranes a été accomplie par la technique de coulage.

Les résultats de l'opération de filtration ont montré que cette technique possède une capacité importante de traitement des eaux et séparations des molécules.

**Mots-clés :** Silice ; Calcite ; Support ; Membrane.