

I. CENTRIFUGE

1. Définition de Centrifugeuse

Une centrifugeuse est un instrument de laboratoire utilisé pour la séparation des fluides, gaz ou liquides en fonction de leur densité. Les centrifugeuses sont utilisées dans la vie quotidienne ainsi que dans la recherche scientifique et médicale. Elles permettent de purifier les cellules, les organites subcellulaires, les virus, les protéines et les acides nucléiques.

2. Principe de la centrifugation

1) De nombreux principes régissent la mécanique de la centrifugation, mais le principal est la force centrifuge. La force centrifuge est une poussée vers l'extérieur qui se produit lors d'une rotation à grande vitesse, agissant radialement à partir du centre de rotation et provoquant le mouvement et la sédimentation des particules en suspension dans un échantillon.

2) Le principe de la technique de centrifugation consiste à séparer les particules en suspension dans un milieu liquide sous l'influence d'un champ centrifuge. Celles-ci sont placées dans des tubes ou des flacons dans un rotor dans la centrifugeuse.

3) **La sédimentation est un phénomène** par lequel les matières en suspension se déposent hors des fluides sous l'effet de la gravité. Les matières en suspension peuvent être des particules telles que de l'argile ou de la poudre. Exemple : les feuilles de thé qui tombent au fond d'une tasse.

4) **Les particules dont la taille** est supérieure à 5 micromètres sont séparées par un simple processus de filtration, tandis que les particules dont la taille est inférieure ou égale à 5 micromètres ne sédimentent pas sous l'effet de la gravité. La force centrale est utile pour séparer ces particules.

5) **Force centrifuge et sédimentation** Causée par la force centrifuge, la sédimentation est le processus par lequel les particules plus denses se déposent au fond d'un tube à échantillon à l'intérieur d'une centrifugeuse. La vitesse de sédimentation est déterminée par la taille, la forme et la densité des particules, les particules plus lourdes et plus denses se déplaçant plus rapidement. La sédimentation différentielle dépend des différentes vitesses de sédimentation des particules dans un fluide.

6) **Vitesse de sédimentation et formation de culot** Lors d'une centrifugation rapide, les particules se déposent sous forme de culot au fond du tube ou du récipient. Ce culot est composé

de particules lourdes et denses en suspension dans l'échantillon et peut être facilement séparé pour une analyse directe après centrifugation.

2. Techniques de centrifugation

Il existe deux types de techniques de centrifugation, à savoir la centrifugation préparatoire et la centrifugation analytique. La centrifugation préparatoire concerne l'isolement et la purification de composants tels que les tissus, les cellules, les structures subcellulaires, les vésicules membranaires et d'autres particules présentant un intérêt biochimique. En revanche, la centrifugation analytique est effectuée pour caractériser les biomolécules purifiées.

3. Centrifugation préparatoire

En fonction de la suspension, la centrifugation préparatoire se divise en deux types différents. Il s'agit de :

A. Centrifugation différentielle

Elle sépare les particules en fonction de leur forme, de leur taille et de leur densité. Une suspension de particules de densités ou de tailles variables sédimentera à des vitesses variables, les particules plus grosses et plus denses sédimentant plus rapidement. Après une série de cycles de force centrifuge croissante sur une suspension de cellules, on obtient une série de culots contenant des cellules dont le taux de sédimentation diminue.

La centrifugation différentielle utilise plusieurs cycles de centrifugation à des vitesses progressivement plus élevées pour séparer les composants en fonction de leur taille et de leur densité. Cela permet de séparer les organites et autres composants cellulaires.

La centrifugation différentielle peut comporter plusieurs étapes, en fonction du niveau de séparation souhaité. Par exemple, la centrifugation différentielle peut commencer par une première étape de centrifugation à faible vitesse. Cette centrifugation plus lente permet aux débris, aux contaminants, aux cellules entières, aux noyaux et aux membranes cellulaires de se déposer, laissant un surnageant centrifugé purifié. Ce surnageant passe ensuite à une deuxième étape de centrifugation, cette fois à une vitesse plus élevée, appelée étape à vitesse moyenne. Le culot qui se forme au cours de cette étape est composé d'organites et le surnageant qui en résulte contient les petites particules, les protéines et les acides nucléiques restants.

Dans cet exemple, le surnageant issu de l'étape à vitesse moyenne subit une centrifugation finale à la vitesse maximale. Cela garantit la séparation des petites particules ribosomales et virales ainsi que des protéines et des acides nucléiques. Après centrifugation, les tubes issus de chaque étape du processus peuvent être divisés en plusieurs fractions, chacune contenant des particules de densités similaires pour une analyse et un traitement ultérieurs.

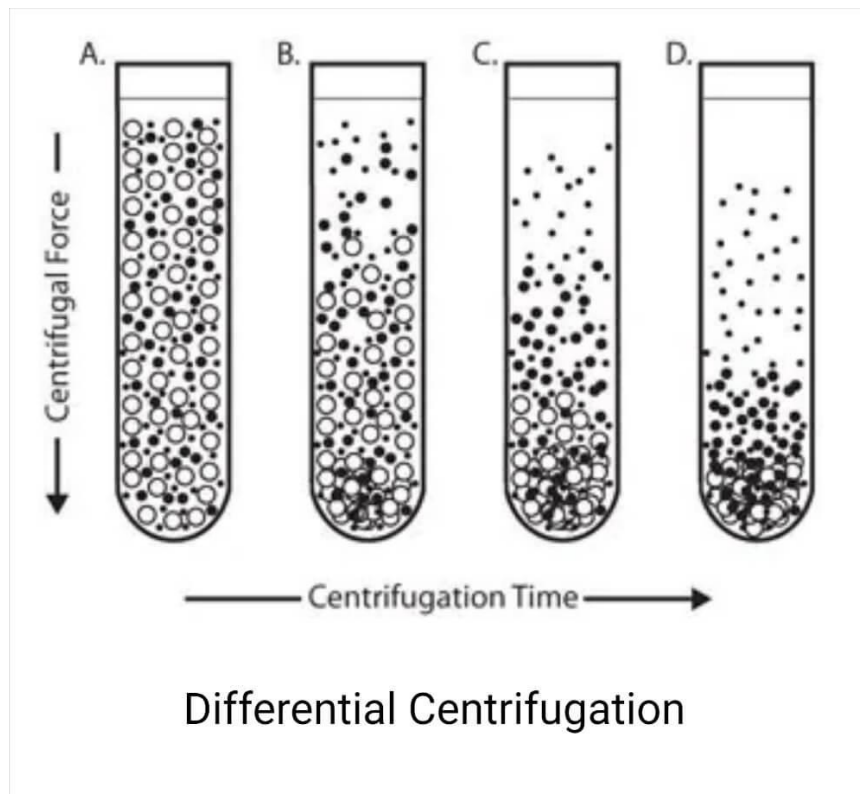


Fig. 3 : Centrifugation différentielle. Source de l'image : Merck KGaA. <https://microbenotes.com/wp-content/uploads/2022/12/Differential-centrifugation.jpg>

B. Centrifugation en gradient de densité

La centrifugation en gradient de densité est un outil essentiel qui permet de séparer et de définir la densité relative des particules dans un échantillon à l'aide d'un gradient de densité connue. Un gradient de densité est créé dans un récipient centrifuge en superposant des solutions de densité connue. Le composé CsCl est couramment utilisé dans cette application pour préparer un gradient.

L'échantillon de densité inconnue est chargé sur le gradient de densité et centrifugé à grande vitesse jusqu'à ce que les particules migrent vers leurs positions d'équilibre. Ces positions

s'alignent avec la densité des particules elles-mêmes. Cette technique est particulièrement utile pour séparer l'ADN, l'ARN, les protéines et les acides nucléiques, car la densité de flottabilité joue un rôle important dans leur réponse au gradient.

Elle sépare les particules en fonction de leur densité de flottabilité ou de leur vitesse de sédimentation. Un mélange d'échantillons est placé au sommet d'un gradient de densité liquide préformé, tel que CsCl pour le banding de l'ADN et l'isolement des plasmides, des nucléoprotéines et des virus ; NaBr et NaI pour le fractionnement des lipoprotéines ; Per coll, Ficoll, Metrizamide, Dextran pour la séparation des cellules entières et solution de saccharose pour la séparation de la DNase, de la RNase et de la protéase.

Les deux sous-types de centrifugation en gradient de densité sont la centrifugation à vitesse zonale et la centrifugation isopycnique.

B.1. Centrifugation à gradient de vitesse

Au sommet d'un gradient de densité, l'échantillon est superposé sous forme d'une petite zone. En fonction de leur masse, les particules se déplacent sous l'effet de la force centrifuge à différentes vitesses. La taille et la masse sont les principaux facteurs qui déterminent la vitesse à laquelle les particules se déposent. À mesure que la bande de particules descend à travers le milieu dense, des zones contenant des particules de taille comparable se développent, les particules à sédimentation rapide dépassant celles à sédimentation lente.

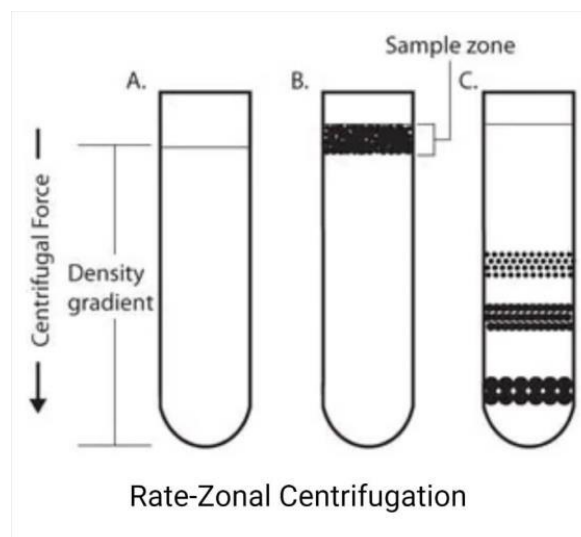


Fig. 4 : Centrifugation à vitesse zonale. Source de l'image : Merck KGaA.
<https://microbenotes.com/wp-content/uploads/2022/12/Rate-zonal-centrifugation.jpg>

b.2. Centrifugation isopycnique

Les particules sont séparées exclusivement en fonction de leur densité dans une séparation isopycnique, également appelée séparation par flottabilité ou séparation à l'équilibre. Il est nécessaire que le milieu à gradient ait une densité supérieure à celle des particules à séparer.

Les particules migrent sous l'influence de la force centrifuge à partir d'un échantillon uniformément mélangé et d'un gradient de densité jusqu'à ce que leur densité soit égale à celle du milieu environnant. Après centrifugation, les particules d'une certaine densité se déposent jusqu'à ce que leur densité soit égale à celle du milieu à gradient (c'est-à-dire la position d'équilibre).

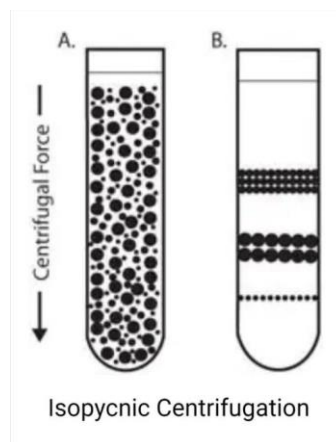


Figure : Centrifugation isopycnique. Source de l'image : Merck KGaA.

<https://microbenotes.com/wp-content/uploads/2022/12/Isopycnic-centrifugation-792x1024.jpg>

b. Centrifugation analytique

Elle vise à collecter des informations pour caractériser l'échantillon centrifugé (vitesse de sédimentation, viscosité, concentration, etc.), déterminer le poids moléculaire relatif des solutés, la pureté des biomolécules, détecter les changements conformationnels de la structure des protéines, etc.

1. Ultracentrifugation

L'ultracentrifugation offre une puissance de séparation et une précision maximales grâce à une vitesse de rotation élevée et à des rotors spécialisés. Elle est couramment utilisée pour séparer

les macromolécules et composants subcellulaires, il existe deux principaux types d'ultracentrifugation : analytique et préparative.

a. Ultracentrifugation analytique

Il s'agit d'une technique utilisée pour étudier les propriétés hydrodynamiques de petites molécules, telles que l'ADN. L'ultracentrifugation analytique consiste à soumettre des échantillons à des vitesses élevées et à surveiller les réactions en fonction de la vitesse de sédimentation et des facteurs d'équilibre.

b. Ultracentrifugation préparative

Idéale pour la recherche à grande échelle, l'ultracentrifugation préparative purifie les petites molécules telles que l'ADN et les protéines à grande vitesse à l'aide de rotors uniques. Cette ultracentrifugation à grande vitesse permet d'obtenir un culot de particules denses.

c. Centrifugation à contre-courant

Également connue sous le nom de centrifugation à contre-courant, la centrifugation à contre-courant est une technique spécialisée qui permet la séparation continue des composants en fonction de leur densité. La centrifugation à contre-courant diffère de la centrifugation conventionnelle par l'introduction et la collecte des échantillons et du milieu de séparation. Dans la centrifugation à contre-courant, l'échantillon et le milieu sont introduits aux extrémités opposées du rotor et s'écoulent dans des directions opposées. L'écoulement provoque la séparation des composants en fonction de leur densité.

L'échantillon est introduit dans le rotor par un tube d'alimentation et mélangé à un milieu de séparation afin de créer un gradient de densité. Le tampon ou milieu de séparation, généralement composé de saccharose, est introduit par l'autre extrémité du rotor. Lorsque les deux produits s'écoulent en sens inverse, Les particules migrent à travers le milieu de séparation en fonction de leur densité de flottabilité. Les particules plus lourdes se déplacent plus rapidement à contre-courant, tandis que les particules plus légères sont emportées par le courant. Cette conception permet un flux continu de séparation. L'échantillon et le milieu s'accumulent à leurs extrémités opposées pour être collectés séparément.

La centrifugation à contre-courant permet la séparation et la collecte continues des composants (contrairement aux couches de collecte ou aux culots requis dans les méthodes conventionnelles). La centrifugation à contre-courant est un outil essentiel pour de nombreuses

initiatives de recherche dans le domaine de la séparation, de l'isolement et de la purification des cellules.

La centrifugation à contre-courant est également indispensable pour la recherche à grande échelle et la fabrication de cellules. Grâce à ses capacités de séparation continue, la centrifugation à contre-courant ne nécessite aucun arrêt entre les étapes de séparation, ce qui permet de gagner du temps et d'augmenter l'efficacité en offrant un processus ininterrompu. La taille des adaptateurs de rotor peut être modifiée, tout comme le milieu de séparation, afin de s'adapter à des échantillons de grande taille et à des volumes élevés en continu.

4. Pièces d'une centrifugeuse

Certaines des pièces courantes d'une centrifugeuse sont décrites ci-dessous :

1) Moteur : le moteur est le composant central puissant de la centrifugeuse qui crée la rotation.

2) Ensemble rotor : un arbre d'entraînement et un rotor composent l'ensemble rotor. L'arbre d'entraînement soutient les composants du rotor. La tête du rotor est fixée au moteur, qui supporte les récipients destinés à accueillir les tubes contenant l'échantillon à centrifuger. Elle convertit l'énergie électrique en énergie mécanique. Deux rotors de diamètres différents peuvent avoir la même vitesse de rotation. La variation des rayons et du moment cinétique entraîne une différence d'accélération entre ces rotors. Ainsi, la force centrifuge relative (rcf) est considérée comme l'unité standard acceptée pour la vitesse de rotation. Il existe principalement trois types de rotors :

a) Rotors à angle fixe : ces rotors maintiennent les tubes à un angle de 14 à 40° par rapport à la verticale, de sorte que les particules parcourent une courte distance tout en se déplaçant radialement vers l'extérieur. Ils sont utilisés dans la centrifugation différentielle. La sédimentation se produit sur les parois des tubes à un certain angle, car la direction de la sédimentation est la même que celle de la force centrifuge. Les culots (amas de sédiments) se déposent ensuite dans le coin de la base et de la surface de la paroi après avoir heurté cette dernière.

b) Rotors à godets oscillants/horizontaux : ces rotors, ainsi que les tubes à centrifuger, basculent en position horizontale pendant la phase d'accélération, de sorte que les particules parcourent une plus longue distance, ce qui facilite la séparation du surnageant du culot. Ces types de moteurs sont utilisés dans la centrifugation en gradient de densité.

c) Rotors verticaux : ceux-ci maintiennent les tubes à la verticale, c'est-à-dire parallèlement à l'axe du moteur, et les particules parcourent des distances plus courtes avec des périodes de séparation plus courtes. Ils sont utilisés pour la séparation isopycnique et par gradient de densité ; cependant, ils ne sont pas considérés comme utiles. Pour la centrifugation, car les granules sont répartis sur toute la paroi extérieure du tube par la force centrifuge.

d) Récipients : plusieurs types de récipients, tels que des tubes à essai, des poches de sang, des cuvettes, des tubes à centrifuger, etc., sont maintenus dans les rotors de manière à ce que l'échantillon tourne en même temps que le rotor.

e) Panneau de commande : il sert à contrôler différents paramètres tels que la température, la vitesse de rotation (rcf ou rpm), etc.

f) Loquet : lorsqu'un tube se brise ou qu'il y a d'autres problèmes avec la centrifugeuse pendant son fonctionnement, le loquet maintient le couvercle fermé.

g) Couvercle : la centrifugeuse ne tourne que si le couvercle est fermé et verrouillé afin d'éviter tout accident.

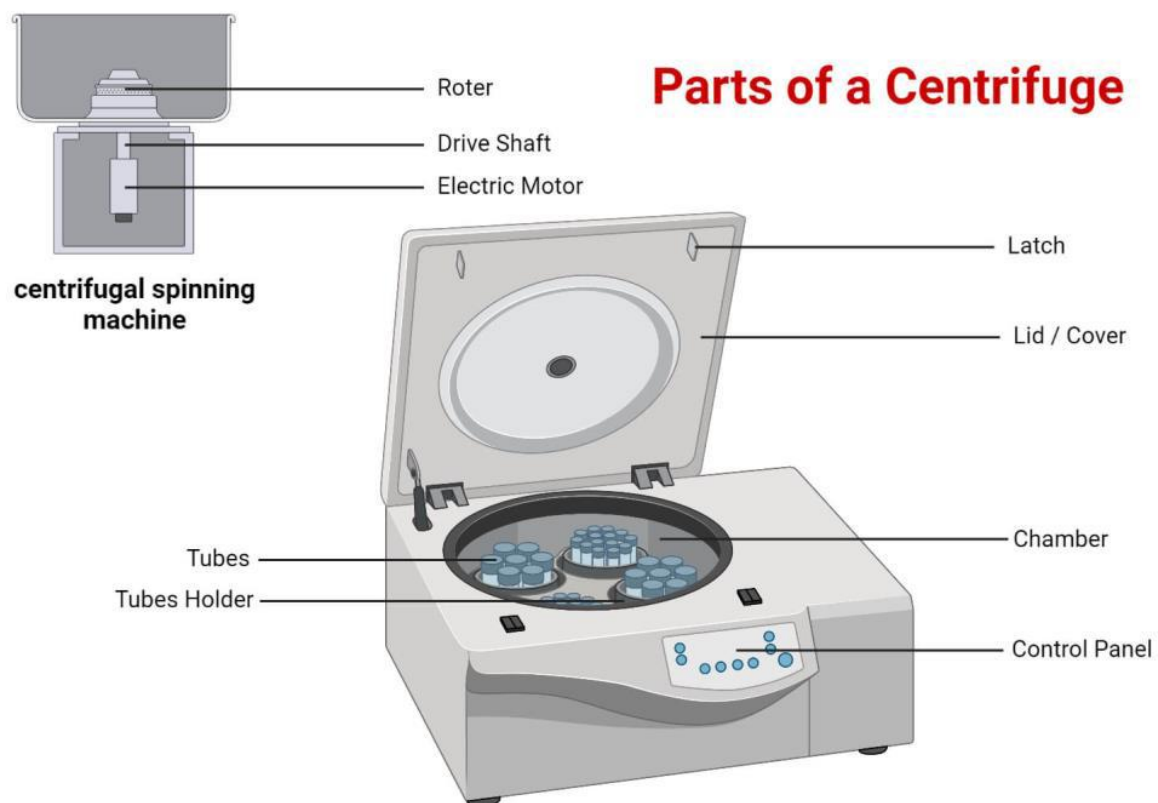


Fig 1: parts of centrifuge. <https://microbenotes.com/wp-content/uploads/2022/12/Parts-of-a-Centrifuge.jpg>

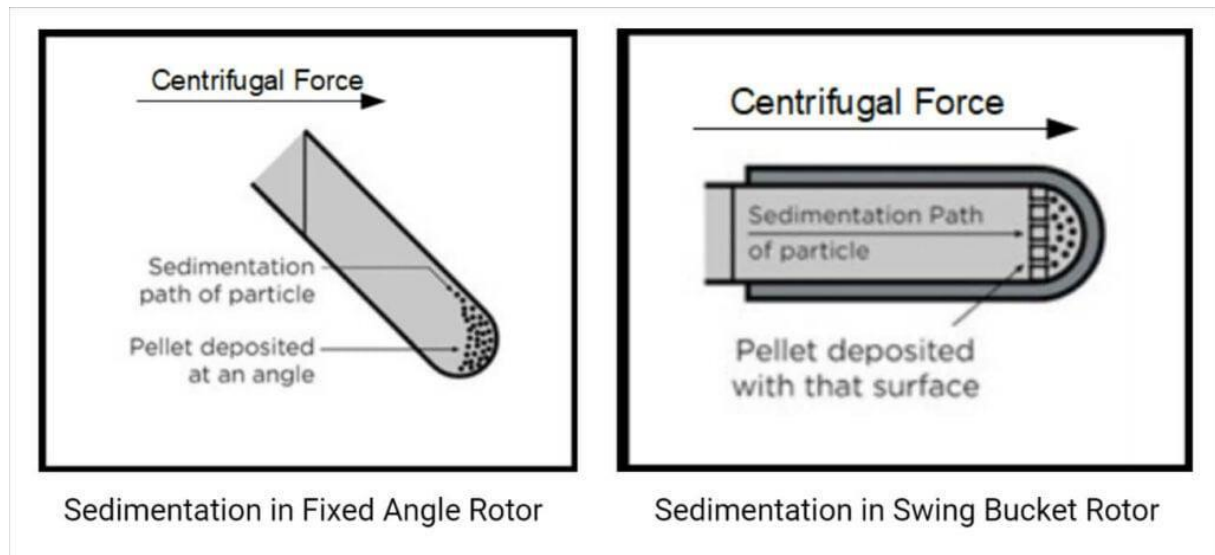
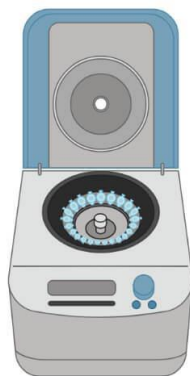


Fig 2: Sedimentation in Fixed Angle Rotor and Swing Bucket Rotor. Image Source: tec2med. <https://microbenotes.com/wp-content/uploads/2022/12/Sedimentation-in-Fixed-Angle-Rotor-and-Swing-Bucket-Rotor-1024x470.jpg>

4. Types of Centrifuges

Types of Centrifuges



Microcentrifuge



Benchtop or Tabletop centrifuges



Ultracentrifuges

Fig 5: Types of Centrifuges. <https://microbenotes.com/wp-content/uploads/2022/12/Types-of-Centrifuges.jpg>

1) Centrifugeuses de paillasse ou de table

Chapitre 3 : les instruments de séparation

- Elles peuvent être pratiques pour les petits laboratoires disposant d'un espace limité en raison de leur taille réduite. Ils sont compacts et fréquemment utilisés dans les laboratoires de recherche et cliniques.
- Une centrifugeuse de table est équipée d'un couvercle qui recouvre l'appareil utilisé pour faire fonctionner la centrifugeuse et d'un rotor avec des supports pour les tubes à essai.

2) Centrifugeuses à gaz

- Elles sont utilisées pour séparer les molécules en fonction de leur masse et pour séparer les gaz en fonction de leurs isotopes.
- Plus précisément, elles sont utilisées pour l'extraction et la séparation de l'uranium 235 et de l'uranium 238.

3) Centrifugeuse hématocrite

- Les centrifugeuses hématocrites fonctionnent entre 7 000 et 15 000 tr/min.
- L'objectif principal des centrifugeuses hématocrites est de calculer le pourcentage d'érythrocytes dans le sang en fonction du volume. Elles sont utilisées pour produire du plasma destiné à l'analyse photométrique de la concentration en bilirubine du sang néonatal.

4) Microcentrifugeuse

- Elles ont un encombrement très réduit et prennent très peu de place sur le poste de travail grâce à leur forme très compacte.
- Elles fonctionnent bien avec de petits tubes (jusqu'à 2,0 ml) et sont fréquemment utilisées dans des applications biologiques.
- Elles sont utilisées pour microfiltrer de petites quantités d'échantillons aqueux et contenir des acides nucléiques pelletés, des protéines provenant de solutions et d'autres substances.

5) Centrifugeuses réfrigérées

- Ces centrifugeuses fonctionnent à leur vitesse maximale tout en maintenant une température constante.
- Elles sont utilisées pour analyser l'ADN, l'ARN, la PCR et les anticorps, car leur plage de température est comprise entre -20 et -40 degrés Celsius.

Chapitre 3 : les instruments de séparation

- Elles sont fréquemment utilisées pour collecter rapidement des matériaux sédimentaires, notamment des cellules de levure, des chloroplastes, etc.
- Centrifugeuses à grande vitesse
- Une centrifugeuse à grande vitesse est un type de centrifugeuse qui peut fonctionner à des vitesses légèrement plus élevées, comprises entre 15 000 et 30 000 tours par minute.
- Les centrifugeuses à grande vitesse contiennent un dispositif permettant de réguler à la fois la température et la vitesse de fonctionnement pour l'analyse critique de molécules biologiques délicates.
- Ces centrifugeuses utilisent trois types de rotors : à angle fixe, à godets oscillants et verticaux.

7) Centrifugeuses à basse vitesse

- Elles sont fréquemment utilisées dans les laboratoires pour le tri routinier de particules et fonctionnent à une vitesse maximale de 4 000 à 5 000 tr/min.
- Elles sont rarement équipées d'un dispositif de régulation de la température et fonctionnent souvent à température ambiante.
- Ces centrifugeuses utilisent des rotors à godets oscillants et à angle fixe.

8) Centrifugeuses à flux continu

- Elles permettent la centrifugation de grandes quantités d'échantillons sans influencer les taux de sédimentation.
- Elles ont également une plus grande capacité, ce qui permet de gagner du temps en éliminant la nécessité de charger et décharger l'échantillon à plusieurs reprises, comme c'est le cas avec les centrifugeuses standard.

9) Ultracentrifugeuses

- L'ultracentrifugeuse est une centrifugeuse très sophistiquée et perfectionnée qui permet de séparer à grande vitesse de minuscules molécules que les centrifugeuses conventionnelles ne peuvent pas séparer.
- La vitesse des rotors des ultracentrifugeuses peut varier de 60 000 à 150 000 tr/min.
- Elles traitent les échantillons par groupes ou en flux continu et sont plus grandes.

5. Procédure d'utilisation de la centrifugeuse

- ☐ Vérifiez que la centrifugeuse fonctionne correctement, qu'elle n'est pas endommagée et qu'elle peut bouger sans restriction.
 - ☐ Après avoir choisi les tubes ou récipients appropriés, vérifiez qu'ils ne présentent pas de défauts ou de fissures. Tout tube ou récipient endommagé ou présentant des défauts doit être jeté.
 - ☐ Remplissez les tubes avec le liquide souhaité. Ne remplissez jamais les tubes ou les récipients de manière excessive ou insuffisante.
 - ☐ Vérifiez que les tubes à centrifuger sont équilibrés ; pesez chaque tube séparément sur une balance pour vous assurer que leur poids est identique. Évitez de vous baser uniquement sur le volume pour équilibrer les tubes ! Cela est particulièrement vrai pour les solutions contenant différents types d'échantillons ou des concentrations d'échantillons variées.
 - ☐ Vissez fermement les couvercles des tubes à centrifuger.
 - ☐ Avant d'insérer les tubes à centrifuger, assurez-vous que leur extérieur est sec et propre.
 - ☐ Maintenez les tubes équilibrés dans la centrifugeuse.
 - ☐ Fermez le couvercle. Assurez-vous que le couvercle est bien fermé.
 - ☐ Configurez la durée et la vitesse de fonctionnement.
 - ☐ Lorsque la centrifugeuse semble fonctionner et tourne à vitesse maximale, ne laissez pas l'appareil sans surveillance. Vérifiez qu'il n'y a pas de vibrations ou de bruits inhabituels.
 - ☐ Éteignez la centrifugeuse et retirez l'échantillon dès que vous entendez un bruit étrange ou que vous ressentez de fortes vibrations. Cela est généralement dû à un mauvais équilibrage de la centrifugeuse. N'utilisez pas la centrifugeuse tant qu'elle n'a pas été réparée si le problème persiste malgré un bon équilibrage.
- ♣ Une fois le cycle de centrifugation terminé, attendez que l'appareil ait complètement cessé de tourner avant d'ouvrir le couvercle. Ne touchez et n'ouvrez jamais le couvercle de la centrifugeuse avant qu'elle ait complètement cessé de tourner. Un arrêt prématuré de l'appareil pourrait entraîner une défaillance mécanique et causer des blessures.

♣ Afin de permettre aux aérosols émis pendant la centrifugation de se déposer, il est préférable d'attendre au moins 10 minutes après l'arrêt de la rotation avant d'ouvrir le couvercle.

♣ Les échantillons peuvent être retirés de la centrifugeuse une fois qu'elle a cessé de tourner.

5. Précautions

- a. Avant l'utilisation, vérifiez toujours que la centrifugeuse est placée sur une surface appropriée.
 - b. Gardez le couvercle fermé pendant que le rotor est en marche.
 - c. Si la centrifugeuse tremble ou vibre, débranchez-la.
6. Assurez-vous que les tubes fonctionnent avec les programmes et les réglages avant de les utiliser. Les tubes utilisés pour la centrifugeuse doivent provenir d'un ensemble assorti.
7. ☐ Des charges équilibrées voisines et opposées doivent être utilisées pour charger les tubes de manière symétrique. Utilisez la masse plutôt que le volume pour équilibrer les tubes.

7. Nettoyage et entretien de la centrifugeuse

Savoir comment nettoyer votre centrifugeuse est l'un des aspects les plus essentiels de son entretien. Gardez à l'esprit les conseils suivants pour une maintenance et un nettoyage corrects.

1) Nettoyage de votre centrifugeuse

Négliger le nettoyage de votre centrifugeuse peut entraîner de la corrosion et des déséquilibres, ce qui peut conduire à des pannes plus dangereuses de l'équipement. Nettoyez votre centrifugeuse quotidiennement, ou au moins une fois par semaine, pour obtenir les meilleurs résultats. Suivez ces étapes simples pour nettoyer correctement votre centrifugeuse :

- ☐ Essuyez-la après chaque utilisation, en particulier autour de la zone des tubes à essai.
- ☐ Retirez le rotor et tous les supports de récipients pendant le nettoyage.
- ☐ Nettoyez-la soigneusement, y compris les mécanismes internes.
- ☐ Utilisez un détergent doux et de l'eau chaude pour la nettoyer et la sécher soigneusement.
- ☐ Essuyez immédiatement tout déversement.
- ☐ Évitez les détergents caustiques et ne versez pas d'eau dans le seau.

Chapitre 3 : les instruments de séparation

- ☐ Utilisez un lubrifiant pour centrifugeuse pour les rainures et les joints du seau après le nettoyage.
- ☐ Désinfectez régulièrement l'équipement avec un désinfectant approuvé.

2). Inspection de votre centrifugeuse

Inspectez régulièrement votre centrifugeuse afin de détecter tout signe de détérioration. Portez une attention particulière au rotor afin de détecter toute fissure ou corrosion. Une détérioration du rotor pourrait entraîner un déséquilibre de votre centrifugeuse, ce qui pourrait causer des bris lors d'une rotation à haute vitesse.

3). Équilibrage de votre centrifugeuse

Lorsque vous utilisez une centrifugeuse, il est essentiel de vous assurer qu'elle est bien équilibrée. Un déséquilibre peut provoquer des mouvements et des vibrations inutiles dans la machine, entraînant une usure prématurée. Par exemple, si vous centrifugez deux tubes à essai, assurez-vous qu'ils sont opposés et de poids égal.

4) . Chargement et déchargement de votre centrifugeuse

Une manipulation brutale peut endommager le rotor ou les tubes. Chargez et déchargez toujours les tubes avec précaution.

5) Entretien de votre centrifugeuse

Comme tout autre équipement complexe, votre centrifugeuse nécessite un entretien régulier. Faites appel à un technicien qualifié pour vérifier régulièrement votre appareil. Certains signes de détérioration ne sont visibles que par des professionnels. Un œil averti peut détecter et réparer les problèmes mineurs avant qu'ils ne s'aggravent et ne deviennent coûteux, garantissant ainsi la sécurité de fonctionnement de votre appareil.

En fonction de la fréquence d'utilisation, vous devriez faire vérifier et calibrer votre appareil tous les six à douze mois.

8. Force centrifuge

8.1. Définition de la force centrifuge

La force centrifuge est une force fictive vers l'extérieur qui s'exerce sur un objet se déplaçant sur une trajectoire circulaire s'éloignant du centre de rotation.

- La direction de cette force est opposée à l'axe de rotation et parallèle à celui-ci.
- La force centrifuge est égale en magnitude et en dimensions à une autre force (centripète) qui agit vers le centre d'une trajectoire circulaire.
- Elle est qualifiée de force fictive car elle n'entre en jeu qu'en présence d'une force centripète. Cette force résulte de la propriété d'inertie du corps se déplaçant sur une trajectoire circulaire.
- Cependant, cette force dépend de la masse de l'objet, de la distance de l'objet par rapport au centre et de la vitesse de rotation.
- Le concept de force centrifuge a été utilisé dans divers dispositifs rotatifs tels que les rotors de centrifugeuses, les routes inclinées et les pompes centrifuges.
- L'unité de mesure de la force centrifuge est le Newton, et la formule dimensionnelle est $M1L1T^{-2}$.

8.2. Formule de la force centrifuge

La formule permettant de calculer la force centrifuge est indiquée ci-dessous.

Si la vitesse de l'objet en mouvement est connue, la force centrifuge peut être calculée à l'aide de la formule suivante :

$$F = m \times \frac{v^2}{r}$$

Où v est la vitesse du corps en mouvement, r est la distance entre le corps en mouvement et le centre, et m est la masse du corps en mouvement.

Si la vitesse angulaire de l'objet en mouvement est connue, la force centrifuge peut être calculée à l'aide de la formule suivante :

$$F = m \times \frac{(\omega r)^2}{r} \text{ or } F = m \times \omega^2 r$$

Où ω est la vitesse angulaire, r est la distance entre le corps en mouvement et le centre, et m est la masse du corps en mouvement.

8.3. Comment calcule-t-on la force centrifuge ?

Pour cela, reprenons l'exemple de la pierre au bout de la ficelle attachée à un poteau. Afin de calculer la force centrifuge subie par la pierre, les étapes suivantes peuvent être suivies :

1. Déterminez la masse (m) de la pierre. Supposons que la masse soit de 5 kg.
2. Déterminez la longueur de la ficelle. Supposons que la longueur soit de 10 m.
3. Déterminez la vitesse de la pierre. Supposons que la force tangentielle soit de 5 m/s. La vitesse peut être soit la vitesse tangentielle (v), soit la vitesse angulaire (ω). Si la vitesse est la vitesse angulaire, la vitesse tangentielle peut être calculée comme suit :

$$v = \omega \times r$$

4. Calculez la force centrifuge à l'aide de la formule suivante :

$$F = m \times \frac{v^2}{r}$$

$$F = 5 \times \frac{5^2}{10}$$

$$F = 12.5 \text{ N.}$$

Centrifugal Force

$$F = m \times \frac{v^2}{r}$$

$$F = m \times \frac{(\omega r)^2}{r} \text{ or } F = m \times \omega^2 r$$

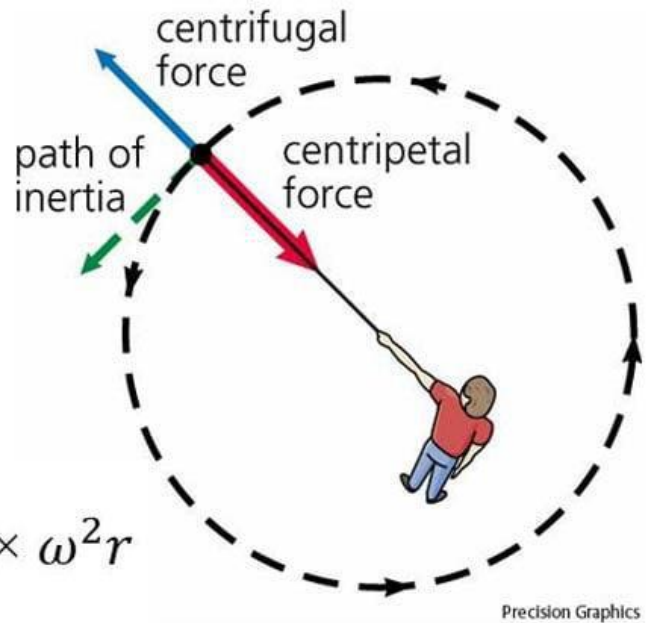


Fig. 7 : Force centrifuge Source de l'image : Wikia.

8.4. Applications de la force centrifuge

Les centrifugeuses fonctionnent selon le principe de la force centrifuge. La force centrifuge créée par les rotors induit un gradient de pression hydrostatique dans les tubes perpendiculaires à l'axe de rotation. Il en résulte des forces de flottabilité plus importantes qui poussent les particules moins denses vers l'intérieur, tandis que les particules plus denses sont déplacées vers l'extérieur. Ce principe permet de séparer les particules en fonction de leur densité.