

L'utilisation de jauges nucléaires pour les mesures sans contact de niveau et de densité

Parmi les nombreuses jauges de niveau et de densité à la disposition de l'ingénieur, la jauge nucléaire a la propriété d'assurer la mesure sans aucun contact physique avec le produit à contrôler. Aucune sonde ou dispositif d'interface n'est en contact avec le fluide (liquide ou solide) et l'entretien peut se faire sans qu'il soit nécessaire d'arrêter le processus.

La jauge nucléaire est dès lors tout indiquée pour les processus où sont véhiculés des produits corrosifs, abrasifs, à haute température, sous haute pression ou très visqueux. Cet article traitera des principes qui sont à la base de la mesure du niveau et de la densité par jauges nucléaires, et citera également quelques applications générales dans différents domaines de l'industrie.

Principes de base

En fonction de leurs énergies relatives, les rayons bêta et les rayons gamma peuvent être utilisés pour la mesure de l'épaisseur de films plastiques, de papier, de tôles, etc. Pour des jauges industrielles de niveau et de densité, on utilise presque toujours des rayons gamma car les niveaux d'énergie (force de pénétration) des différents isotopes émetteurs de rayons gamma, correspondent exactement aux valeurs souhaitées, pour pénétrer les parois relativement épaisses des réservoirs et tuyauteries utilisés dans les processus industriels. Les émetteurs gamma les plus utilisés sont :

Isotope	Énergie (keV)	Période (années)
1. Americium (Am 241)	66	455
2. Césium (Cs 137)	660	33
3. Cobalt (Co 60)	1 250	5.5
4. Radium (Ra 226)	1 500	1 620

Pour plusieurs raisons (coût, sécurité, énergie, période), le césium 137 est l'isotope le plus utilisé dans les jauges nucléaires de niveau et de densité.

On sait que les isotopes radioactifs ne sont pas seulement caractérisés par l'énergie des particules qu'ils émettent, mais aussi par leur « activité », qui n'est autre que le nombre de particules émises (désintégrations) par unité de temps. L'unité d'activité est le Curie. L'unité pratique est le millicurie (mCi) et est définie comme suit :

1 mCi = 3.70×10^7 désintégrations par seconde.

Pour la plupart des mesures de niveau effectuées dans l'industrie, l'activité des sources de ^{137}Cs s'étend de 25 à 10 000 mCi. Il est intéressant de noter que l'activité d'un isotope est indépendante de la température ce qui permet de le considérer comme une source d'énergie extrêmement stable, base d'une mesure précise.

Pendant la première année, la diminution de l'activité d'une source de ^{137}Cs est de 2 %, ce qui est sans importance pour les mesures de niveau où le détecteur « voit » toujours de grandes variations de radiation. Cependant, dans certains contrôles de densité où la plage de mesure est très étroite, et où la quantité de produit se trouvant entre la source et le détecteur est faible, il est possible que la variation de

radiation due au vieillissement de la source, par exemple après 30 jours, ne soit plus négligeable quand on la compare aux variations de radiation dues aux changements de densité dans le produit à mesurer.

Cette « dérive du zéro » due au vieillissement de la source est déterminée de façon approximative par la formule :

$$N = P \times S$$

dans laquelle P est le diamètre de la tuyauterie en mm, S la plage de mesure (densité) et N le nombre de jours conduisant à une dérive du zéro de 1 %.

Exemple : Dans une application typique, où la plage de mesure est 1,10 à 1,20 kg/l, et le diamètre de la tuyauterie de 100 mm, $N = 100 \times 0,1 = 10$ jours.

Ceci veut dire qu'en 10 jours, l'erreur sur la mesure sera de 0,001 kg/l.

En fonction de la précision souhaitée, la jauge peut être référenciée manuellement tous les 10-20 jours. Si cela n'est pas réalisable, une compensation automatique du vieillissement est à prévoir afin d'assurer automatiquement la correction nécessaire.

Dose d'irradiation

C'est la mesure de la radiation *absorbée* dans un volume de substance (et non la quantité de radiation passant à travers le volume). Cependant, par convention la dose d'irradiation est considérée comme une mesure de l'intensité du rayonnement à une certaine distance de la source, et elle est exprimée en milliroentgens (mr). Par définition, 1 mr produit $2,08 \times 10^6$ paires d'ions dans 1 cm³ d'air normalisé.

Les normes de sécurité dans la plupart des pays admettent qu'un être humain peut recevoir une dose de 100 mr en une semaine, sans qu'il en résulte des effets nocifs. Ceci veut dire que dans une semaine de 40 heures, il peut travailler sans danger sous un rayonnement de 100 mr : 40 h = 2,5 mr/h. La plupart des compteurs portatifs sont étalonnés en mr/h. En multipliant l'intensité du rayonnement par le temps total d'exposition, on obtient la dose totale absorbée pendant cette période.

Demi-valeur

C'est l'épaisseur de matière nécessaire pour abaisser de 50 % l'intensité du rayonnement qui le traverse. Pour le Cs 137 par exemple, la demi-valeur de l'acier est de 15 mm.

Matériau	Densité (kg/l)	Demi-valeur (mm)
Matériau en vrac	0,50	200
Eau	1,00	100
Réfractaire (Al ₂ O ₃)	2,25	45
Aluminium	2,70	38
Acier	7,86	15
Cuivre	8,96	12
Plomb	11,40	7

On notera que la demi-valeur est inversement proportionnelle à la densité. Pour des matériaux dont la densité est inférieure à 8, il est possible de calculer de façon approximative la demi-valeur en divisant celle de

l'eau (100 mm) par la densité du matériau en question :

$$DV_A = \frac{100 \text{ mm}}{\text{densité de A}}$$

Indépendamment de sa fonction mathématique, le concept de demi-valeur est utile en ce sens que, s'il est nécessaire de garder un niveau de radiation constant au détecteur, on peut multiplier ou diviser la source par 2 en ajoutant ou en retranchant une demi-valeur de matériau entre source et détecteur.

Détecteurs de radiation

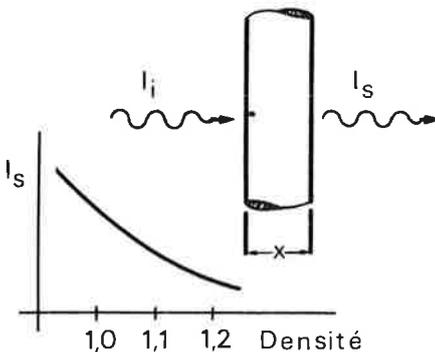
Les trois types de détecteurs les plus couramment utilisés par les fabricants de jauges industrielles de niveau et de densité sont le cristal scintillateur avec tube photomultiplicateur, le tube Geiger-Müller et la chambre à ionisation.

Construction d'une jauge de densité

En appliquant les concepts exposés ci-dessus, il est maintenant possible de construire une jauge de densité classique. La radiation est absorbée de façon exponentielle, suivant l'équation :

$$I_s = I_i e^{-\mu \rho x}$$

dans laquelle : I_i est la radiation incidente, I_s la radiation sortante, μ le coefficient d'absorption, ρ la densité du produit circulant et x la distance entre source et détecteur.



Le coefficient d'absorption est une caractéristique du produit dans le processus et

peut être considéré comme étant constant pour des éléments dont le nombre atomique est inférieur à 30. La distance x étant également une constante, la densité du produit reste la seule variable de l'équation. La radiation sortante I_s est donc une fonction de la densité et peut être convertie en courant par un détecteur.

Le diagramme simplifié d'une jauge de densité est représenté par la figure 1. La radiation, après avoir traversé le matériau à mesurer, engendre un courant dans le circuit de la chambre à ionisation. La résistance de charge étant supérieure de plusieurs ordres de grandeur à la valeur du potentiomètre de contre-réaction R 1, toute la tension résultante va donc apparaître aux bornes de la résistance de charge.

La tension d'équilibrage est opposée en polarité à celle apparaissant aux bornes de la résistance de charge et peut être réglée de façon à ce que la tension à l'entrée de l'amplificateur soit égale à 0 V. 0 V à l'entrée de l'amplificateur donnera 0 V à sa sortie. Si la densité du produit à mesurer augmente, il y aura donc davantage de radiation absorbée, et le courant débité par la chambre à ionisation diminuera. Il en résulte une tension moindre appliquée à la résistance de charge, et donc une tension positive à l'entrée de l'amplificateur. Le taux de contre-réaction, et donc le gain de l'amplificateur, est fonction de la position du curseur du potentiomètre R 1. On peut l'ajuster de telle façon que la tension au voltmètre corresponde à l'étalonnage souhaité. Toutes les jauges KAY RAY de densité et de niveau utilisent un amplificateur à pont de varactors (varicaps). Entièrement composé de semi-conducteurs, cet amplificateur a permis d'éliminer pratiquement tous les problèmes de dérive, de réglage et de saturation qui ont été longtemps les inconvénients des anciens amplificateurs de courant continu, utilisant des tubes électromètre, des condensateurs vibrants ou des transistors MOS-FET.

Pour obtenir une stabilité optimale pour des plages de mesure très étroites, la chambre est thermostatée à 60 °C par un simple régulateur proportionnel à SCR. En utilisant la technologie décrite ci-dessus, on peut parfaitement réaliser des systèmes de mesure ayant une plage de 0,03 kg/l pour un signal de sortie de 0 à 10 V (cc) et avec une précision de 1 % de la plage de mesure.

Jauges de niveau

Le contrôle de niveau s'effectue suivant deux principes connus : « Tout ou Rien » et Continu.

Jauge de niveau « Tout ou Rien »

Le système le plus simple utilise un ou deux tubes GM, un amplificateur simple et un point de basculement pré-régulé actionnant un relais qui indiquera la présence ou l'absence de matériau entre source et détecteur. Plusieurs jauges peuvent être utilisées pour signaler des niveaux différents sur un même réservoir.

Dans la plupart des applications, la source a une intensité suffisante pour produire un champ de 0,1 à 0,5 mr/h au détecteur, s'il n'y a pas de matière dans le faisceau de radiation. Quand la matière s'interpose entre la source et le détecteur, le niveau de radiation tombe pratiquement à zéro (sauf dans le cas des réservoirs et tuyauteries de faible diamètre), assurant ainsi une commutation efficace (Figure 2).

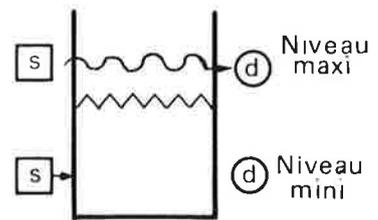


Figure 2. Détection de niveau.

Jauge de niveau continu

Dans ce cas le faisceau de radiation a une forme divergente (30 à 40° suivant le type de conteneur de source utilisé) de façon à « éclairer » le détecteur sur une longueur qui correspond à la plage de mesure souhaitée.

La matière va « obscurcir » plus ou moins le détecteur, ce qui se traduit par une variation du courant de sortie produit par le détecteur (Figure 3).

Le détecteur KAY RAY de niveau continu est une chambre à ionisation d'une seule pièce, d'un diamètre d'environ 150 mm, fabriqué en longueurs standard jusque 3 m. Le circuit électronique utilisé est construit avec les mêmes modules de base que ceux employés pour la jauge de densité. Ici

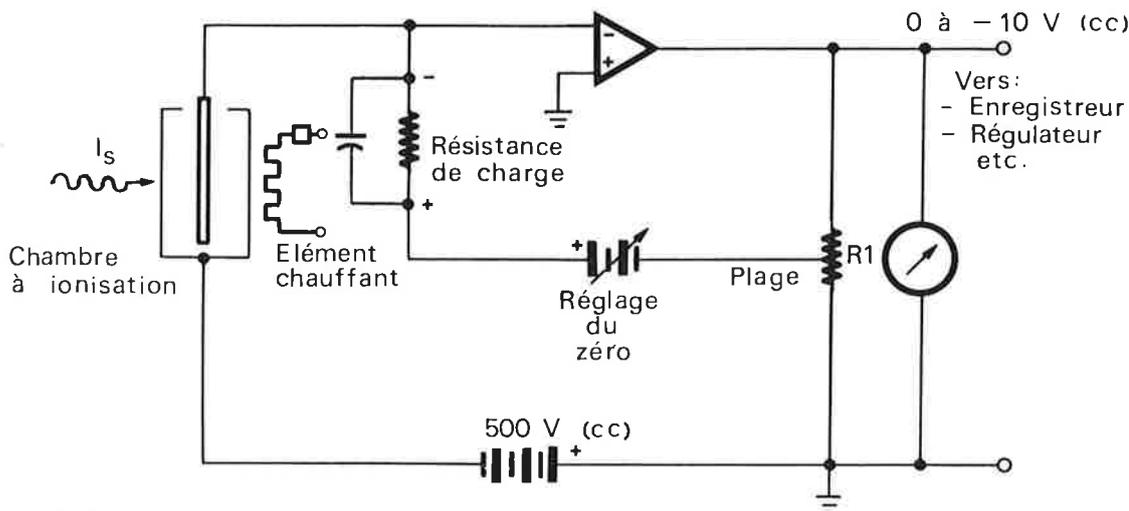


Figure 1.

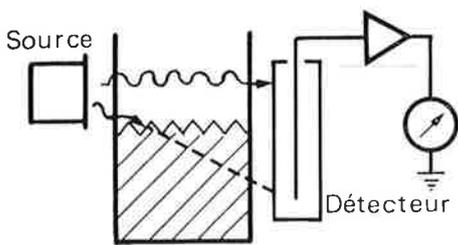


Figure 3. Jauge de niveau.

également plusieurs sources et détecteurs peuvent être utilisés pour couvrir des plages supérieures à 3 m par exemple.

Intensité de la source

La formule suivante est à la base de toutes les applications de jauges nucléaires de niveau :

$$mCi = K(d^2) (2^{nDV}) (mr/h)$$

dans laquelle :

mCi = intensité de la source en millicuries,
 d = distance entre source et détecteur en mètres,
 nDV = totalisation des demi-valeurs de matériau entre source et détecteur,
 K = constante (égale à 3,1 pour le Cs 137),
 mr/h = intensité minimale de radiation requise par le détecteur.

Pour calculer avec précision l'intensité de la source, problème principal pour les jauges de niveau, on doit donc connaître ces paramètres.

Utilisations

Industrie chimique

Mesure de niveau dans les réacteurs, les réservoirs de stockage, les lits fluidisés. Mesure de la densité de polymères, d'acides, de bases, de boues. Détection d'interface dans les tuyauteries et les réservoirs; détection de mousse, du niveau de mousse et de la densité de la mousse.

Industrie minière

Niveau dans les concasseurs, trémies de stockage, etc. Densité des boues et pâtes, broyage en voie humide, flottation, concentration, épaisseurs, etc.

Métallurgie

Mesure du niveau de l'acier en fusion en coulée continue, cubilot, trémies de stockage, hauts-fourneaux, etc. Densité des eaux résiduelles, etc.

Lutte anti-pollution

Niveau dans les incinérateurs, trémies à cendres. Densité dans les installations de lavage de SO_2 , scrubbers. Concentration des eaux usées, soutirages, etc.

Électricité

Niveau dans les installations de gazification du charbon, sas à charbon, sas et trémies à cendres. Densité des boues, filtrats. Détection du manque d'alimentation ou de bourrage dans les goulottes de déchargement.

Papier

Niveau dans les silos à copeaux, trémies lessiveuses. Densité des liqueurs faibles et fortes, épaisseurs, soutirage. Détection du manque d'alimentation ou de bourrage dans les goulottes ou sur les transporteurs.

Divers

Verrerie : niveau du bain de verre en fusion. Alimentation : contrôle de niveau et de densité de poudres, liquides, pâtes, mélanges, concentrés, etc. Dragage : densité à l'extraction du sable, des boues.

D. R. Carlson
 Vice-Président de Kay-Ray Inc.

Pour tous renseignements, s'adresser à Auriema-France, 148, boulevard d'Alsace-Lorraine, 94170 Le Perreux. Tél. 871.02.80.

Nouvelle unité d'osmose inverse

Disponible à présent en Europe, le Milli-RO 80 est un système d'osmose inverse de Millipore qui produit 80 litres d'eau purifiée par heure, ceci à partir de l'eau de ville. Le système contient deux cartouches RO en fibres creuses, montées en parallèle. La pression nécessaire à son fonctionnement (14 bars) est assurée par une pompe centrifuge. Cette pompe est protégée contre une usure excessive par un contacteur automatique de niveau.

Pour augmenter la durée de vie des cartouches RO (garanties 6 mois minimum lorsque les qualités de l'eau d'alimentation sont optimum) il est possible d'ajouter un système de préfiltration, disponible en accessoire. Ce système préfiltre l'eau d'alimentation en deux étapes et élimine ainsi une très grande partie des particules et microorganismes en suspension susceptibles d'entraîner un colmatage ou une pollution des canaux des cartouches d'osmose inverse. Le Milli-RO 80 retient 95-98 % des ions polyvalents, 80-90 % des ions monovalents, tous les composants organiques dissous de poids moléculaire supérieur à 300, particules, colloïdes, microorganismes et agents pyrogènes. La qualité de l'eau convient à un emploi général en laboratoire et peut (selon la législation en vigueur)

s'appliquer aux cas où l'utilisation d'eau « exempte d'agents pyrogènes » est spécifiée.

La brochure technique descriptive PB 804 vous sera envoyée sur simple demande à Millipore S.A., Département Marketing, Zone Industrielle, 67120 Molsheim. Tél. (88) 38.53.33.

Nouveaux séparateurs moléculaires immersibles

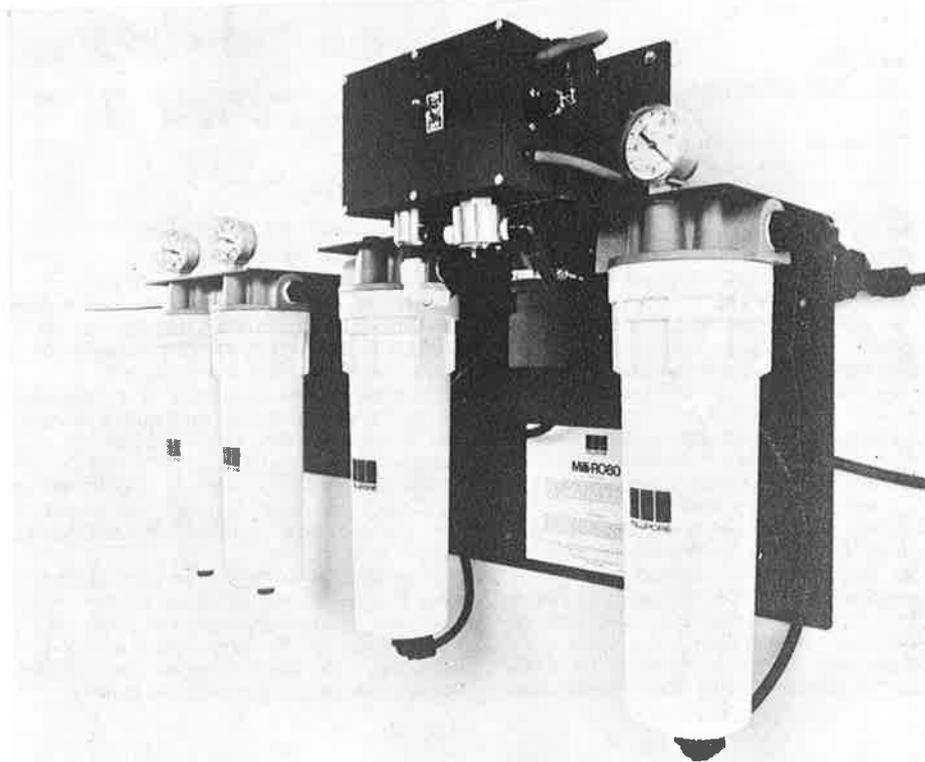
Pour les concentrations et séparations de molécules au stade du laboratoire, les séparateurs moléculaires immersibles allient, de façon originale, les qualités de manipulation aisée, de grande souplesse et de faible coût.

Prévu pour le traitement de volumes compris entre 1 et 100 cm³, le séparateur représente le moyen idéal de concentrer protéines, virus ou colloïdes, d'éliminer sels, tampons et solvants, de déprotéiniser des échantillons et de séparer des ligands non liés.

L'unité peut être réutilisée après nettoyage. Elle est équipée d'une membrane de filtration moléculaire Pellicon R (surface de filtration 11 cm², poids moléculaire nominal limite : 10 000) fixée sur un corps plastique cylindrique. La surface de rétention de la membrane est tournée vers l'extérieur.

Pour son utilisation, l'appareil est plongé dans la solution à traiter puis raccordé à une source de vide. L'ultrafiltrat traverse la membrane vers le centre de l'unité puis s'écoule le long de la ligne de vide vers un récipient-piège adéquat. Les molécules retenues (ou rétentat) restent dans le récipient de départ. Rétenant et ultrafiltrat peuvent être récupérés. La filtration peut être stoppée au stade choisi.

Pour tous renseignements: Millipore S.A., Département Marketing, Zone industrielle, 67120 Molsheim. Tél. (88) 38.53.33.



Nouveau microscope électronique à balayage

Fabriqué par une importante société anglaise ce nouveau microscope à balayage S 600, doté maintenant d'une résolution de 100 Å, répond parfaitement aux besoins des utilisateurs qu'ils soient enseignants, chercheurs ou industriels.

Toutes les possibilités comme : console photo, courant d'échantillon, catholuminescence, balayage en transmission, analyse X, etc..., en font un appareil de recherche pour le prix d'un appareil de routine.

La qualité principale de cet appareil est sa facilité de manipulation. Son électronique sophistiquée le protège contre les fausses manœuvres et réduit au maximum le travail d'obtention d'images.

Il est facilement déplaçable et son encombrement n'excède pas 1 m².



Pour tout renseignement technique complémentaire appeler Cambridge Instruments (M. Cajan) : 931.01.34.

Nouvelles cartouches plissées

Une nouvelle génération de cartouches filtrantes a été développée par Sartorius à partir de véritables membranes filtrantes plissées. Ces nouveaux produits possèdent toutes les caractéristiques des membranes filtrantes et supportent, entre autres, la stérilisation à la vapeur fluante et à l'autoclave. Le principe du contrôle d'intégrité par le test du point de bulle s'applique également aux cartouches plissées. Ces divers avantages placent ces cartouches en tête de liste des différents médias offerts pour les filtrations submicroniques. De plus, chaque cartouche est individuellement testée à l'issue de la fabrication.

La conception plissée procure naturellement une surface filtrante confortable pour un encombrement extrêmement faible (250 mm de long). Il est ainsi permis d'accéder à des débits instantanés très importants.

Outre ses propriétés de robustesse mécanique et de bonne résistance aux élévations de température, la membrane en acétate de cellulose qui constitue la base de cette cartouche permet d'éviter toute contamina-

tion du filtrat par des fibres. (Ce phénomène est fréquent avec tous les autres médias.) L'existence de ces cartouches en deux versions, avec une ou deux ouvertures, offre un maximum de souplesse d'utilisation. Le programme de fabrication couvre 4 porosités : 0,2, 0,45, 0,6 et 0,8 μ . Pour la mise en œuvre de ces cartouches, Sartorius livre 3 différents carters en acier inox poli pour 1, 2 ou 3 cartouches. Il est par ailleurs possible d'utiliser les cartouches plissées avec la plupart des carters-filtres du commerce.

Pour toutes informations complémentaires : Sartorius-France, 11, avenue du 1^{er} Mai, 91122 Palaiseau-Cedex, Tél., 920.93.11 (Alain Guyot).

Nouveaux chromatographes en phase gazeuse

Ces chromatographes de la série Carle AGC-S sont spécialement conçus pour le contrôle et l'analyse automatique des gaz.

Configurations spéciales pour : gaz de combustion, gaz respiratoires, gaz naturels, impuretés dans le chlore, impuretés dans l'hydrogène, impuretés dans l'ammoniac, impuretés dans l'éthylène et le propylène, gaz de raffineries (avec l'hydrogène), gaz issus des huiles de transformateurs...



Pour tous renseignements : Techmaton, 18-24, quai de la Marne, 75019 Paris. Tél. 200.11.05.

Un nouvel accélérateur d'échange gaz-liquide

Bertin et Cie développe et réalise des accélérateurs d'échange gaz-liquide basés sur un nouveau procédé conçu par la Division Génie chimique de la Société.

Ces accélérateurs peuvent être utilisés dans le cadre de nombreux procédés chimiques ou physiques tels que : lavage de gaz, stripping de solutions ou de condensats (régénération, dégazage...), oxydation de liquides, etc. pour lesquels un maximum de surfaces de contact liquide-gaz est souhaitable.

Le procédé met en œuvre l'écoulement à grande vitesse du liquide en couche mince sur une plaque perforée traversée par le gaz. Il en résulte une valeur très élevée des aires de contact gaz-liquide et des conductances de transfert de matière.

Les principaux avantages de ce procédé incluent :

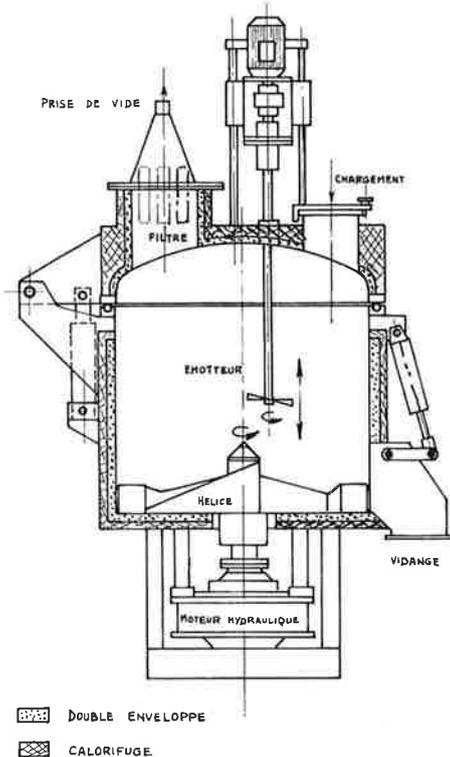
- des transferts de matière élevés pour un faible coût énergétique,
- un traitement progressif et bien réparti des solutions,
- une réduction des risques de colmatage par les fluides contenant des particules (poussières ou produits de réactions),
- une technologie simple facilement extrapolable.

Bertin et Cie, Relations extérieures, B.P. 3, 78370 Plaisir. Tél. 462.25.00.

Mélangeur sécheur hydrostatique

Les Constructions Métalliques Modernes présentent une adaptation des appareils standards Guedu, les mélangeurs à commande hydrostatique, dont l'équipement avec double enveloppe et travail sous vide permet un séchage rapide des masses sortant de l'essoreuse. Ce mélangeur sécheur hydrostatique brasse le produit humide, avec le maintien en suspension, mise en contact avec les parois et le fond de cuve élevés à la température d'évaporation, et mise sous vide avec filtration. Le produit est brassé par une hélice principale à vitesse variable, en outre un émotteur à vitesse de rotation de 3 000 tr/mn happe le produit au passage et réduit les mottes éventuelles. Le temps de séchage varie selon la nature du produit et le degré d'humidité contenue (eau ou solvant).

Un mélangeur pilote à l'usine de Semur-en-Auxois permet de réaliser des essais avec des produits variés.



Renseignements : Constructions Métalliques Modernes, place de la Gare, 21140 Semur-en-Auxois. Tél. (80) 97.91.11, demander le 430 ou le 431.