

Les machines d'embouteillage (suite)

2 Les remplisseuses ou doseuses

Si les bouteilles, cannettes ou gobelets sont stockés ou livrés, une rinceuse en amont de la remplisseuse est obligatoire.

Les remplisseuses sont des machines linéaires à 1 ou plusieurs couloirs pour les cadences faibles à moyennement élevées. Pour les cadences élevées, les remplisseuses sont rotatives en continue avec un carrousel dont le nombre de becs peut varier de 4 à plus de 100.

Le choix de la remplisseuse s'effectue selon les critères principaux:

- La cadence de production à atteindre selon le volume de la bouteille
- La technologie de remplissage ou le type de bec (voir ci-dessous)
- Le pas de la machine, c'est-à-dire la distance entre 2 becs de remplissage qui détermine le plus petit et le plus grand diamètre de bouteille possible pour la circulation dans la machine.

D'autres critères sont importants (cf. cdc remplisseuse) comme l'encombrement, la maintenabilité, le pilotage et la traçabilité du remplissage, en particulier en milieu aseptique.

Le soutirage pourra être protégé par un caisson de surpression d'air stérile ou une salle blanche

Pour toutes les remplisseuses, il est important d'avoir des temps de remplissage optimisés et un dosage précis. Une bonne régulation du niveau de produit dans la cuve (hauteur de charge) est donc primordiale. En effet, il faut éviter les grandes variations de hauteur de charge de produit dans la cuve car la vitesse d'écoulement du liquide à travers les becs de remplissage va varier d'autant et donc la précision du dosage. On parle ainsi de « queue de chute », la quantité de liquide entre la sortie du bec de la machine et l'arrivée dans la bouteille, varie en fonction de la vitesse d'écoulement :

débit du bec = vitesse d'écoulement variable selon la hauteur de charge dans la cuve x section fixe du bec
L'arrivée du produit à doser se fait par un tube inox avec une « vanne produit » à fermeture rapide tout ou rien, de type vanne à clapet inox avec siège téflon (éviter les vannes à boule trop lentes et les vannes papillon moins nettoyables à cause de la portée de joint). Cette vanne d'arrivée de produit est généralement pilotée par de l'air comprimé et elle est normalement fermée par un ressort pour éviter un débordement en cas de coupure d'air comprimé.

Si la machine est rotative, le carrousel est alimenté par un « joint tournant » qui met en relation la tuyauterie d'alimentation fixe avec la cuve en rotation. Ce joint tournant est une pièce délicate pour l'étanchéité et la maintenance car les lavages en température et les produits de nettoyage sollicitent les joints.

Dans la cuve, une régulation de niveau permet de détecter un manque de produit (cuve vide), une hauteur de charge en production à réguler en ouvrant et fermant la vanne de produit et un niveau d'alarme trop haut pour éviter le débordement.

Pour détecter un niveau, plusieurs techniques sont possibles :

Voir le livre

« PRODUCTION ULTRA PROPRE »
Edition DUNOD – Auteur Gilles MORVAN

Sur certains types de machines, la cuve peut fonctionner en étant pleine de liquide et la régulation de la charge se fait par un « ballon » intermédiaire au dessus équipé de sa sonde.

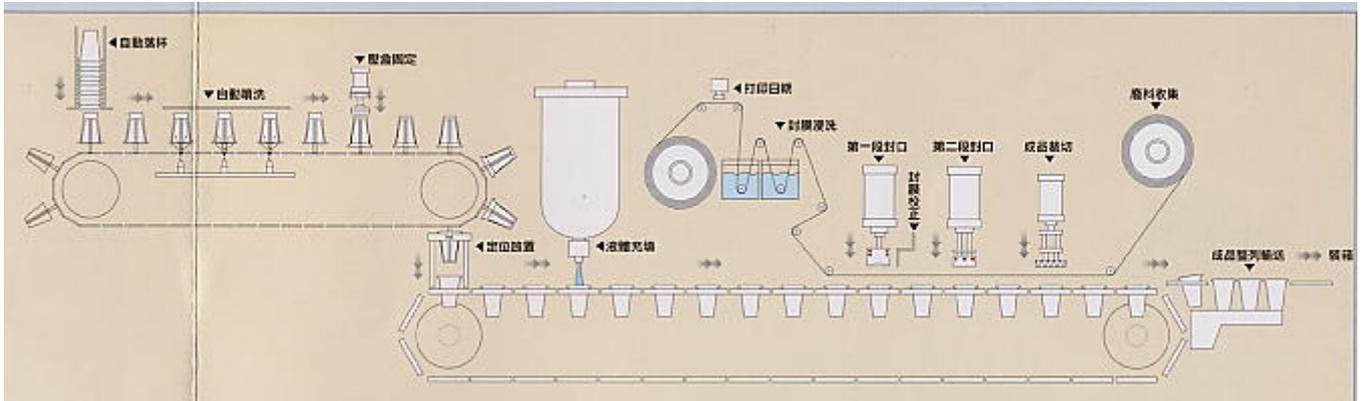
Sur d'autres types de machines, la cuve peut être saturée d'azote dans la partie supérieure (le volume libre de la cuve pleine de liquide) et c'est la pression d'azote qui régule la poussée le temps de remplissage.

Pour les bouteilles en verre qui ont des variations dimensionnelles, la bouteille devra être maintenue par le col et le corps tout le long de sa circulation dans la remplisseuse avec des systèmes de compensation à ressorts.

Par contre pour les bouteilles en PET dont les dimensions du col sont constantes, elles sont maintenues uniquement par le goulot, ce qui supprime les pièces de changement de formats par exemple lors du passage ½ litre au 1,5 litre.

Cinématique d'une machine linéaire. Exemple pour le remplissage de gobelets
cadence maximum 6000 bph

La machine déroule les opérations sur le récipient par séquence avec un arrêt pour chaque opération. L'opération la plus longue (généralement le remplissage) détermine la cadence de production de la machine.



- 1/ Dépilleur de gobelets et rinçage par buses d'eau stérile
- 2/ Retourneur
- 3/ Remplissage débitmétrique
- 4/ Bobine de film avec bac de traitement
- 5/ Poinçon de prédécoupe de la capsule
- 6/ Découpe finale de la capsule et sellage sur le gobelet
- 7/ Thermo-sellage final de la capsule
- 8/ Evacuation du gobelet rempli et sellé sur une table de sortie inox

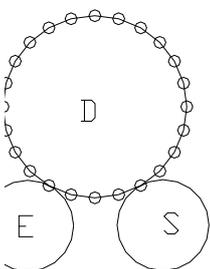
Cinématique d'une machine rotative avec carrousels

Cette machine peut être monobloc en intégrant en amont de la remplisseuse une rinceuse et en aval un carrousel de bouchage :

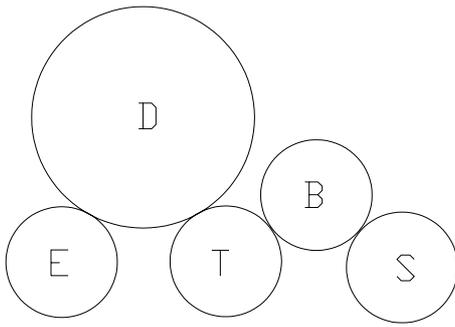
Cinématique d'une remplisseuse seule : Etoile d'entrée, carrousel de dosage, étoile de sortie

1 carrousel au diamètre de circulation de 1080 mm avec 24 becs de dosage donne un pas (distance entre 2 axes de bec) de : $\text{Pi} \times \text{diamètre } 1080 = \text{pas de } 141 \text{ mm}$.

Ceci déterminera le diamètre maximum de l'emballage admis par ce type de carrousel.



Cinématique d'une remplisseuse boucheuse : Etoile d'entrée, carrousel de dosage, étoile de transfert, carrousel de bouchage et étoile de sortie



Note : Il existe aussi des machines 3 axes : Rinceuse de bouteilles/ doseuse / boucheuse

- 1/ Convoyeur d'arrivée des bouteilles dont la vitesse linéaire est 10% supérieur à celle du carrousel pour générer une poussée des bouteilles vers la vis d'entrée.
- 2/ Vis de synchronisation des bouteilles pour les mettre au pas de la machine. Pour les vis à section carré, une double vis en face à face doit être prévue pour bien les séparer ; Pour les bouteilles très hautes, une double vis verticale doit être prévue.
- 3/ Un portillon d'entrée situé sur le côté du convoyeur juste avant la vis d'entrée et constitué d'un bras pivotant ou d'une étoile bloquante, permet de contrôler l'entrée des bouteilles dans la remplisseuse. Il se ferme :
 - sur pilotage de l'opérateur par exemple en fin de production
 - sur demande automatique de la cellule de détection des bouteilles amont pour générer une accumulation de bouteilles vide suffisante pour une bonne poussée dans la vis d'entrée.
 - Sur demande automatique de la cellule de détection des bouteilles pleines en sortie si la longueur de convoyeur pour purger la remplisseuse est insuffisante à cause d'une remontée de l'accumulation due à un arrêt étiqueteuse.

Le système convoyeur d'entrée, portillon et vis de synchronisation doit être réglable en hauteur en cas de circulation par le goulot et de changement de format de bouteilles de différentes hauteurs (2 types de bouteilles PET)

4/ L'étoile d'entrée, débrayable en cas de bourrage de bouteille ; Elle transfère les bouteilles sur le carrousel de remplissage.

5/ Le carrousel de remplissage : le nombre de becs multiplié par le pas machine donne le diamètre de circulation. Par exemple 30 becs au pas de 113 mm donne une circonférence de $30 \times 113 = 3391$ mm, soit un diamètre de 1080 mm

Le carrousel a une vitesse de rotation suffisante pour que le débit des becs permette un remplissage de la bouteille dans l'angle de remplissage disponible entre l'étoile d'entrée et l'étoile de sortie.

Une cellule de détection des bouteilles avant l'entrée sur le carrousel permet d'autoriser l'ouverture du bec de remplissage. Si il n'y a pas de bouteille (creux dans la file), le bec ne doit pas s'ouvrir.

L'axe du carrousel est une pièce complexe car il doit permettre une montée et une descente de la cuve pour s'adapter à la hauteur de la bouteille s'il n'y a pas de circulation par le goulot (cas des bouteilles en verre). Cet axe supporte aussi la cuve pleine avec son joint tournant et un collecteur électrique multipiste qui transmet les signaux des sondes de niveau de la cuve ou de mesure des becs à l'automate.

L'accès sous cet axe de carrousel est important pour la maintenance et explique le choix de certains techniciens d'avoir une machine haute avec un plan de circulation des bouteilles (hauteur de chaîne de convoyeur) à 1200 mm par rapport au sol.

Exemples de temps de remplissage moyens selon un diamètre de goulot

Volume cm3	Diamètre intérieur goulot	Eau	Produits		Viscosité en Cpo	
			Peu moussant	Moussants	100 à 500	500 à 1000
250	21	2,0 s	2,5 s	3,2 s	2,0 s	2,0 s
500	21	2,5 s	3,0 s	4,0 s	2,5 s	2,5 s
1000	21	4,0 s	4,8 s	6,5 s	4,0 s	3,5 s
1500	28	4,5 s	5,5 s	7,5 s	4,5 s	3,8 s
2000	30	5,0 s	6,0 s	8,0 s	5,0 s	4,0 s
3000	30	7,0 s	8,4 s	11,0 s	7,0 s	6,0 s
5000	32	11,0 s	13,0 s	17,0 s	12,0 s	10,0 s
10000	45	12,0 s	14,0 s	18,0 s	13,0 s	11,0 s
20000	45	23,0 s	28,0 s	34,0 s	26,0 s	20,0 s

Valeurs indicatives et variant selon chaque constructeur, pour des produits homogènes et sans pulpe dans des emballages ayant au moins 5% de la capacité en marge de sécurité.

Voir en annexe : Exemple de tableau de cadences calculées par les constructeurs de soutireuses :

6/ L'étoile de sortie du carrousel doit elle aussi être débrayable et elle transfère les bouteilles remplies vers le carrousel de bouchage ou directement vers le convoyeur d'évacuation par exemple pour des flacons en verre que l'on doit fermer avec un bouchon Twist off.

La vis d'entrée, les étoiles et les carrousels sont entraînés et synchronisés par un train de pignons et motorisés par 1 moteur électrique avec son réducteur. Ce réducteur doit être équipé d'un disque de débrayage (système billes- ressort ou magnétique) en cas de blocage par une bouteille d'un des éléments entraînés.

7/ Le convoyeur de sortie peut être court puis repris par une série de convoyeur ou poutrons.

Il est important de bien considérer la fonction purge de la remplisseuse, en particulier pour le remplissage à chaud ou aseptique ou gazeux ou avec un azotage avant bouchage. Car une bouteille remplie doit être bouchée très rapidement. Il est donc important lors d'une demande d'arrêt machine par la fermeture du portillon d'entrée (hors arrêt d'urgence) de calculer le nombre de bouteilles qu'il faut finir de remplir et sortir pour terminer le cycle et donc avoir la bonne longueur de convoyeur de sortie.

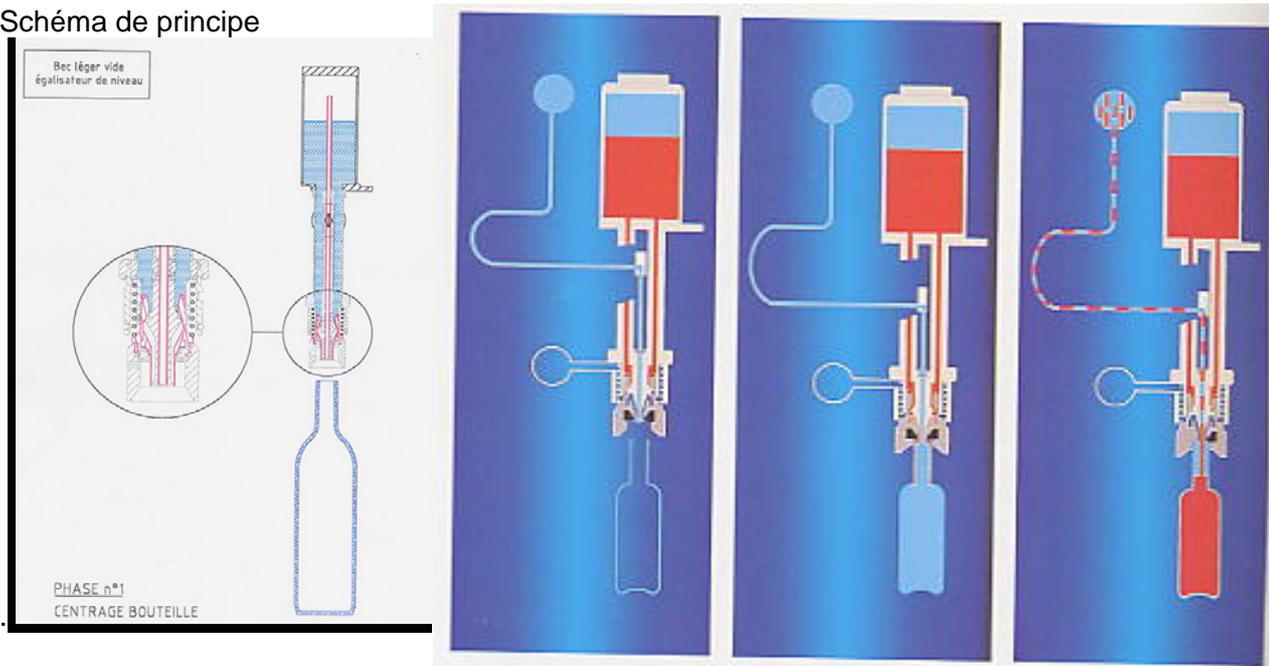
a/ Remplissage à froid & technologie

Le soutirage par niveau constant est la technologie la plus utilisée car très robuste et peu chère.

Principe de fonctionnement : La bouteille vide est positionnée sur une sellette. Cette sellette monte puis elle descend en suivant le parcours d'une came. En montant, le goulot de la bouteille vient s'appuyer sur le joint d'étanchéité du bec de remplissage et ouvre le bec pour l'écoulement par compression d'un ressort. Lors de la montée, la bouteille est pénétrée par une canule (tube inox) au centre du bec dont la longueur correspond à la hauteur de dégarni souhaité pour le niveau haut de liquide dans la bouteille. Le liquide de la cuve s'écoule ainsi dans la bouteille puis remonte par la canule pour être réinjectée dans un bac de reprise ou directement dans la cuve de la soutireuse, selon la nature du produit à conditionner et sa température.

Les produits à pulpes ou fibres trop longues peuvent poser problème sur ce type de bec de remplissage. Pour les produits sensibles à la contamination bactérienne, ce type de technologie doit aussi être évité, car il est préférable d'utiliser des becs tout inox sans joint (voir ci-dessous).

Schéma de principe



La **débitmétrie** est une technologie en fort développement.

Voir le livre :

« **PRODUCTION ULTRA PROPRE** »
Edition DUNOD – Auteur Gilles MORVAN

Le dosage pondéral,

Le dosage volumétrique,

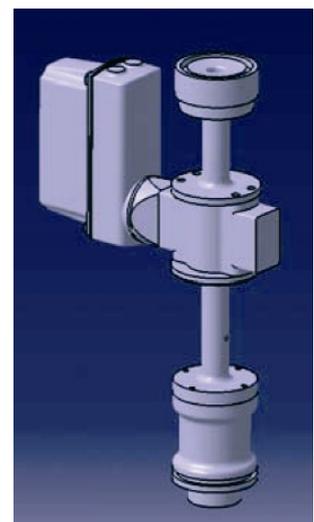
b/ Remplissage à chaud & technologie

La réception technique d'une remplisseuse

Lors de la réception technique, il sera important de vérifier les points suivants , de préférence chez le fabricant en usine avant livraison :

voir livre

« **PRODUCTION ULTRA PROPRE** »
Edition DUNOD – Auteur Gilles MORVAN



ANNEXE**Exemple de tableau des cadences d'une remplisseuse**

Bouteilles en PET de 100 cl, diamètre de goulot 21 mm

Produit	Spécificité du bec	Temps de remplissage	Production bph	Production théorique	Pas mm	Angle de travail	Nbre de becs	Nbre de becs morts	Nbre de becs utiles
Eau plate	Sans perte d'eau	5,4	7 100	7 541	125,70	204	20	8,6	10,7
Eau plate	Sans perte d'eau	5,4	9 800	10 395	125,70	234	24	8,4	14,7
Eau plate	Sans perte d'eau	5,4	12 400	13 151	125,70	254	28	8,2	18,6
Eau plate	Sans perte d'eau	5,4	16 700	17 584	100,50	271	35	8,7	25,1
Eau plate	Sans perte d'eau	5,4	15 000	15 862	125,70	268	32	8,2	22,5
Eau plate	Sans perte d'eau	5,4	19 300	20 403	100,50	275	40	9,5	29,0
Eau plate	Sans perte d'eau	5,4	17 600	18 551	125,70	278	36	8,2	26,4
Eau gazeuse	Mixte	7,8	3 900	4 120	157,10	211	20	8,3	8,5
Eau gazeuse	Mixte	7,8	5 500	5 869	157,10	238	24	8,2	11,9
Eau gazeuse	Mixte	7,8	7 200	7 585	157,10	256	28	8,2	15,6
Eau gazeuse	Mixte	7,8	8 300	8 746	125,70	255	32	9,5	18,0
Eau gazeuse	Mixte	7,8	9 900	10 470	125,70	267	36	9,4	21,5
Eau gazeuse	Mixte	7,8	12 300	13 037	125,70	281	42	9,4	26,7

Cadences en bph (bouteilles par heure)

Temps de remplissage par bouteille en seconde