



TP N° 5 : LA TEINTURE

I. Introduction :

L'ennoblissement est l'ensemble des traitements chimiques et mécaniques qui apporte à un support textile écru, une couleur et des propriétés d'usage répondant à un cahier des charges.

II. Les différentes étapes de l'ennoblissement :

*Préparation de la matière et blanchiment, dont le but est de rendre le tissu apte à être teint ou imprimé, ou vendu en blanc.

*Teinture, c'est l'application d'une couleur de manière uniforme sur un support, quelque soit sa présentation : bourre, fils, tissus, tricot ou même non tissé. Cette opération utilisant différents colorants est applicable sur toutes les fibres textiles, naturelles, artificielles ou synthétiques. Suivant les quantités à teindre on utilisera du matériel plein bain (épauement) ou par imprégnation (continu).

*Impression, on dépose sur le support des motifs ou dessins en appliquant sous forme de pâte des colorants semblables à ceux utilisés en teinture. On distingue en impression classique, deux principales méthodes: L'impression pigmentaire, utilisant des pigments qui seront fixés sur le support à l'aide d'un liant (colle), polymérisé à l'air chaud; impression fixé-lavé, utilisant des colorants classiques se fixant sur les fibres directement, la fixation étant en général réalisée par vaporisation. Tout le colorant n'étant pas fixé, il est nécessaire de procéder à un post-lavage après fixation. Il existe

deux autres méthodes moins classiques : l'impression transfert et l'impression jet d'encre.

*La dernière étape de l'ennoblissement est : les apprêts / apprêts mécaniques ou l'on modifie l'aspect physique des supports : rasage, émerisage, calandrage, moirage, grattage. Les apprêts chimiques ou à l'aide de "résines" ou autres produits chimiques on modifie les propriétés, le comportement d'un tissu : adoucissage, traitement irrétrécissable, anti-odeur, hydrofugation, ignifugation, etc.

III. Pré-traitements :

Le pré-traitement devrait garantir :

- l'élimination des impuretés présentes dans les fibres pour améliorer leur uniformité, leurs caractéristiques hydrophiles et leur affinité aux matières colorantes et aux traitements d'ennoblissement,
- l'amélioration de leur capacité d'absorption uniforme des colorants (ce qui est le cas en mercerisage),
- la relaxation des tensions dans les fibres synthétiques (à défaut de cette relaxation, une irrégularité et des instabilités dimensionnelles risquent de se produire).

La position du pré-traitement dans le circuit de production est étroitement liée à celle de la teinture. Il est essentiel que le pré-traitement précède immédiatement la teinture (et l'impression).

Les procédés et les techniques de pré-traitement dépendent :



- de la nature de la fibre à traiter : pour les matières premières constituées de fibres naturelles, tel le coton, la laine, le lin et la soie, la tâche technique est plus difficile que celle pour les matières premières à base de fibres synthétiques et artificielles. En effet, les fibres naturelles sont accompagnées d'une quantité plus élevée de substances susceptibles d'interférer sur leur transformation ultérieure, alors qu'habituellement, les fibres artificielles, contiennent uniquement des agents de préparation, des charges synthétiques solubles à l'eau et des salissures.
- de la forme de la fibre (bourre, fils, tissus ou tricots).
- de la quantité de matière à traiter (les méthodes en continu, par exemple, bien que plus efficaces, ne sont viables du point de vue économique que dans le cas de grandes capacités de production).

Les opérations de pré-traitement sont souvent réalisées sur le même type d'équipement que celui utilisé pour la teinture (dans le procédé discontinu, en particulier, la matière fait le plus souvent l'objet d'un pré-traitement dans la même machine que celle utilisée ultérieurement pour la teinture). Pour la facilité de lecture de cette partie du document, les machines non spécifiques à un traitement donné, font l'objet d'une description dans une annexe distincte

Le pré-traitement du coton comprend différentes opérations au mouillé, à savoir :

- flambage,
- désencollage,
- débouillissage,
- mercerisage (et caustification)

Flambage

Le flambage peut être réalisé à la fois sur des fils et des tissus, mais il est plus courant sur des tissus, en particulier sur les supports en coton, coton/polyester et coton/polyamide.

- Des "fibrilles" sur la surface du tissu défavorisent l'aspect et produisent un aspect "usé" sur le tissu teint. Il est donc nécessaire d'éliminer les fibres en surface, en soumettant le tissu à une flamme. Le tissu passe sous une rampe de brûleurs à gaz et immédiatement plongé dans un bain d'extinction pour éteindre les étincelles et refroidir le tissu. Le bain d'extinction contient souvent une solution de désencollage, en quel cas l'étape finale de flambage devient une opération combinée de flambage et de désencollage.

Désencollage

Le désencollage est utilisé sur le tissu pour éliminer les composés appliqués précédemment aux fils de chaîne. C'est normalement la première opération de traitement au mouillé réalisée sur un tissu chaîne et trame.

Les différentes techniques de désencollage varient en fonction du produit d'encollage à éliminer.

Les techniques couramment utilisées peuvent être classées comme suit :

1. techniques d'élimination de produits d'encollage à base d'amidon (agents d'encollage insolubles dans l'eau),



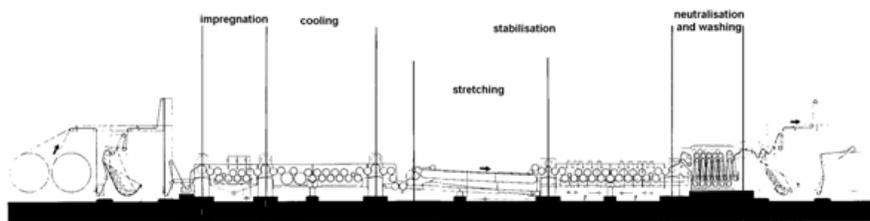
2. techniques d'élimination d'agents d'encollage solubles dans l'eau,
3. techniques d'élimination d'agents d'encollage solubles et insolubles dans l'eau.

Mercerisage

Le mercerisage est effectué pour améliorer la résistance à la traction, la stabilité dimensionnelle et la brillance du coton. Par ailleurs, il améliore aussi la montée du colorant (une réduction de 30 à 50 % de la consommation de colorant peut être atteinte grâce à un meilleur épuisement des bains de teinture).

Le mercerisage peut être réalisé sur des fils en écheveaux et sur des tricots et des tissus, par l'intermédiaire d'un des divers traitements ci-après :

- mercerisage sous tension,
- caustification (sans tension),
- mercerisage à l'ammoniac.



Débouillissage

Le dégraissage (également connu sous le terme de débouillissage atmosphérique ou sous pression) a pour but l'extraction d'impuretés présentes dans la fibre brute ou captées à un stade ultérieur, à savoir:

- les pectines,
- la graisse et les cires,
- les protéines,
- les substances inorganiques, tels que les sels métalliques d'alcali, les phosphates de calcium et de magnésium, les oxydes d'aluminium et de fer,
- les encollages (si le débouillissage est réalisé sur un tissu avant le désencollage),
- les agents d'encollage résiduels et les produits de dégradation de l'encollage (si le débouillissage est réalisé sur un tissu après désencollage),

Le débouillissage peut être effectué lors d'une étape distincte du procédé ou en combinaison avec d'autres traitements (habituellement le blanchiment ou le désencollage) sur les supports de toutes sortes : tissus (encollés ou désencollés), tricots et sur le fil.

Blanchiment

Après le débouillissage, le coton devient davantage hydrophile. Toutefois, la couleur d'origine reste inchangée car la matière colorée ne peut être complètement éliminée par le lavage et l'extraction alcaline.



Si la matière doit être teinte dans des coloris foncés, la teinture peut être réalisée directement sans blanchiment. En revanche, l'étape du blanchiment est obligatoire si la fibre doit être teinte dans des coloris pastel, ou si elle doit être imprimée par la suite. Dans certains cas, même pour des coloris foncés, une phase de pré-blanchiment peut être nécessaire, sachant qu'il ne s'agit pas d'un traitement de blanchiment complet.

Le blanchiment peut être réalisé sur tous les types de présentations (fils, tissus et tricot).

Pour les fibres cellulosiques, on utilise le plus fréquemment des produits de blanchiment oxydant, notamment :

- le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2),
- l'hypochlorite de sodium ($NaClO$),
- le chlorite de sodium ($NaClO_2$).

Outre ces produits, l'acide peracétique est également applicable. De même, des azurants optiques sont communément utilisés pour obtenir un effet "plus blanc".

Les pré-traitements par voie humide de la fibre de laine avant la teinture sont les suivants :

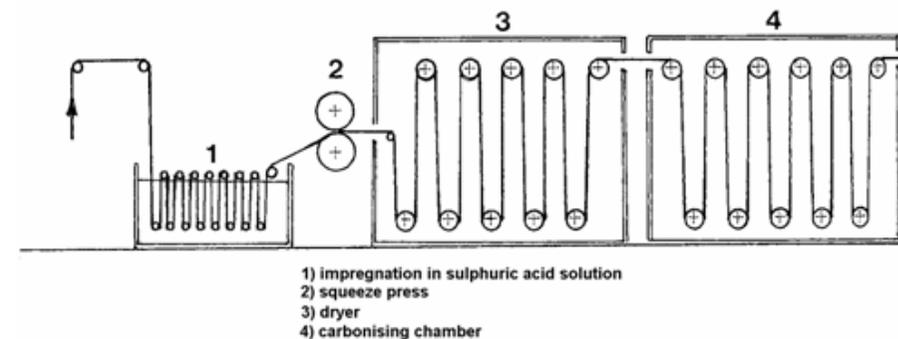
- le carbonisage,
- le lavage (dégraissage)
- le foulonnage,
- le blanchiment.

D'autres traitements possibles sont ceux connus sous la définition de traitement anti-feutrage et traitement de stabilisation. Bien qu'ils soient souvent exécutés préalablement à la teinture, ils ne constituent pas d'étapes de préparation obligatoires. C'est la raison pour laquelle ils ont été décrits dans le cadre des opérations de finition.

Carbonisage

Parfois la laine lavée contient des impuretés végétales qui ne peuvent pas être entièrement éliminées par des opérations mécaniques. L'acide sulfurique constitue la substance chimique utilisée pour la destruction de ces particules végétales au cours d'un procédé appelé carbonisage.

Le carbonisage peut être réalisé sur les fibres brutes ou sur l'étoffe (cette opération ne s'applique pas au secteur du tapis).



Lavage et dégraissage

Les fils aussi bien que les étoffes peuvent contenir, en plus des impuretés accidentelles, une certaine quantité d'huiles d'ensimage et,



Dans quelques cas, également des agents d'encollage, tels que le CMC et le PVA. Normalement toutes ces substances sont éliminées avant la teinture, afin de rendre la fibre plus hydrophile et de permettre la pénétration des colorants. Toutefois, cette opération n'est pas toujours nécessaire. En effet, lorsque les agents de préparation sont appliqués en faibles quantités et qu'ils n'interfèrent pas sur la teinture, il est possible d'omettre l'étape de dégraissage/lavage séparée.

Foulonnage

Ce traitement renforce la tendance naturelle de la laine au feutrage lorsque qu'elle est soumise à une friction en ambiance chaude et humide, et constitue un pré-traitement spécifique appliqué aux étoffes en laine.

Il est habituellement réalisé après le carbonisage. Toutefois, dans certains cas (pour les étoffes de laine lourdes par exemple), le foulonnage peut être effectué directement sur l'étoffe non traitée. La matière est maintenue en rotation dans un bain contenant des auxiliaires de foulonnage. Aussi bien les acides (pH <4,5) que l'alcali (pH >8) accélèrent le procédé. Toutefois, les auxiliaires de foulonnage disponibles sur le marché, produisent également d'excellents résultats dans un milieu neutre. Il en résulte, que le foulonnage, aussi bien en milieu acide qu'alcalin devient moins courant. Après foulonnage, l'étoffe fait l'objet d'un lavage.

Des machines spécialement conçues pour ce procédé sont toujours en usage. Néanmoins, elles ont aujourd'hui amplement fait place à des machines à usage multiple, dans lesquelles le foulonnage et le

lavage peuvent être effectués par un simple ajustage du réglage de l'équipement.

Blanchiment

Le blanchiment de la laine se fait au peroxyde d'hydrogène (sachant que l'hypochlorite de sodium est susceptible de décolorer et d'endommager la laine). Un blanchiment réducteur complémentaire est néanmoins indispensable pour obtenir un haut degré de blanc (blanchiment complet). Le dithionite de sodium (hydrosulfite) constitue un agent de blanchiment réducteur typique, souvent utilisé en combinaison avec des azurants optiques pour en améliorer les effets.

Les pré-traitements de matières synthétiques :

Le lavage et la thermofixation (traitement à haute température) constituent les opérations typiques avant teinture.

Le lavage est nécessaire pour éliminer les agents de préparation présents sur le fil qui ont été appliqués en surface au cours des traitements précédents (habituellement 2 à 3 %, mais pouvant aller jusqu'à 4 % du poids de la fibre). La plupart des agents de préparation (environ 95 %) est éliminée à ce stade (les alcools gras éthoxylés sont communément utilisés en tant qu'émulsifiants). Les fibres élastomères (élasthane) constituent une exception, étant donné qu'elles contiennent des agents de préparation principalement constitués d'environ 6 à 7 % d'huiles siliconées. Les silicones sont plus difficiles à éliminer et elles restent partiellement sur la fibre (40 % de l'adjonction initiale), même après lavage. Pour améliorer leur



Élimination, il est d'usage courant d'utiliser des nonylphénols éthoxylés.

La thermofixation constitue également une autre opération importante dans le pré-traitement de fibres synthétiques. Sa position au sein du procédé peut être différente en fonction de la présentation et de la fibre. Il en résulte que les différentes successions d'étapes ci-après sont possibles :

1. thermofixation - lavage - teinture,
2. lavage - thermofixation - teinture,
3. lavage - teinture - thermofixation.

IV. Principes généraux de la teinture

La teinture est une technique pour colorer une matière textile dans laquelle un colorant est appliqué au support de manière uniforme, afin d'obtenir une nuance homogène, avec un rendement et des solidités appropriées à son usage final. Un colorant est une molécule, qui contient un groupe chromophore (système conjugué) capable d'avoir une interaction avec la lumière, donnant ainsi la perception de couleur.

La teinture des textiles implique l'usage d'un certain nombre de produits chimiques et de produits auxiliaires différents pour favoriser le procédé de teinture. Certains sont spécifiques à un procédé, tandis que d'autres peuvent être utilisés dans plusieurs procédés. Certains produits auxiliaires (par exemple, les dispersants) sont déjà contenus dans la formulation du colorant, mais plus souvent, les produits auxiliaires sont ajoutés au bain de teinture en cours de procédé. Etant donné que les produits auxiliaires, en

général, ne restent pas sur le support après teinture, ils se retrouvent dans les rejets.

Il existe différentes techniques de teinture :

- La teinture dans la masse/teinture à l'état de gel, dans laquelle un colorant est incorporé dans la fibre synthétique au cours de sa production (cette technique représente le procédé le plus couramment appliqué pour les fibres polypropylènes, et présente également de l'intérêt pour les polyacryliques, mais il ne sera pas décrit dans le présent document).
- La teinture pigmentaire dans laquelle un pigment insoluble, sans affinité pour la fibre, est déposé sur le support textile puis fixé par un liant.
- Les procédés de teinture impliquant la diffusion d'un colorant dissout ou, tout au moins partiellement dissout, dans la fibre.

Ce dernier groupe de procédés est celui qui fera l'objet d'un exposé plus détaillé dans les sections suivantes. D'un point de vue moléculaire, quatre phases différentes sont concernées :

1. en premier lieu, le colorant dissout ou dispersé au préalable dans le bain de teinture diffuse à partir du bain vers le support ;
2. la deuxième phase consiste en l'adsorption du colorant sur la surface de la matière textile. Ce procédé est contrôlé par l'affinité (substantivité) du colorant pour la fibre ;
3. le colorant diffuse/migre à l'intérieur de la fibre jusqu'à ce qu'elle soit teinte de façon uniforme. Cette phase est beaucoup plus lente que le transport du colorant dissout à l'intérieur du bain de teinture. La pénétration du colorant



dans la fibre exige que la fibre elle-même soit accessible. Dans le cas de fibres hydrophiles, le colorant pénètre à travers les micropores disponibles tandis que, dans le cas des fibres hydrophobes, dont la structure moléculaire n'est pas accessible en phase aqueuse, des sites doivent être ouverts afin de permettre la pénétration du colorant. En général, l'accès à la fibre est facilité par la température. Les fibres hydrophobes ne sont accessibles au colorant qu'au-delà de la température de transition vitreuse qui, parfois, se situe au-dessus de 100°C. Pendant la diffusion dans les micropores, la barrière électrostatique qui se développe à la surface de la fibre, doit encore être surmontée. Dans certains cas, de grandes quantités de sel doivent être ajoutées au bain de teinture, afin de réduire les forces électrostatiques à la surface de la fibre et pour favoriser une pénétration uniforme du colorant.

4. le colorant doit être fixé dans des sites appropriés à l'intérieur du support. Différents mécanismes de fixation sont connus, qui vont de la réaction chimique du colorant avec la fibre pour former une liaison covalente (colorants réactifs), à la formation de liaisons plus faibles dues aux forces de Van der Waals et aux autres forces de faible intensité entre la fibre et le colorant (colorants directs). Un rôle important est également joué par la liaison hydrogène, responsable des interactions de longue, moyenne et courte distance entre la fibre et le colorant, du colorant au colorant, de l'eau à la fibre et de l'eau aux substances solubles présentes dans la solution, tels que les tensioactifs.

Procédés de teinture

Les textiles peuvent être teints au cours de n'importe quelle phase du procédé de fabrication de sorte que les procédés de coloration suivants sont possibles :

- teinture sur floc ou en bourre,
- teinture sur ruban peigné : les fibres sont disposées en mèches légèrement retordues avant teinture,
- teinture sur câble : elle consiste à teindre des filaments continus (appelées câbles) produits lors du filage des fibres synthétiques,
- teinture sur fil,
- teinture en pièces (par exemple tissus, tricotés et non tissés),
- produits finis (articles confectionnés, moquettes, tapis de salle de bain, etc.)

La teinture peut être réalisée en discontinu, ou à la continu ou semi-continu. Le choix entre ces deux procédés dépend du type de produit, de la classe de colorant choisi, du matériel disponible et des coûts de procédé. Les procédés de teinture discontinus et à la continu nécessitent tous les deux les phases suivantes :

- préparation du colorant,
- teinture,
- fixation,
- lavage et séchage.



Teinture en discontinu

Dans la teinture en discontinu (également appelée teinture par épuisement), une certaine quantité de matière textile est chargée dans une machine de teinture et amenée à l'équilibre avec une solution contenant le colorant et les produits auxiliaires pendant une période allant de quelques minutes à quelques heures.

Le procédé de teinture commence par l'absorption du colorant à la surface de la fibre, puis le colorant diffuse et migre dans la fibre. L'utilisation de produits chimiques et de températures contrôlées accélère et optimise l'épuisement et la fixation (respectivement vitesse et taux) du colorant. Lorsque que l'on juge que la teinture a atteint la bonne nuance, le bain de teinture épuisé est vidangé et la matière textile est lavée, afin d'éliminer les colorants et les produits chimiques non fixés. Le lavage est habituellement effectué dans le même équipement. Toutefois, des laveuses séparées peuvent également être utilisées dans le cas du tissu.

Toutes ces opérations peuvent être réalisées avec différents degrés d'automatisation. Dans les usines de teinture totalement automatisées, toutes les phases depuis la préparation des recettes et les essais en laboratoire jusqu'à l'alimentation en colorants et produits chimiques, le transport des matières, le chargement et déchargement des machines et le contrôle des paramètres de teinture (par exemple, niveau, chauffage, injection à des vitesses sélectionnées, pH, température, etc.) sont pilotées informatiquement.

Dans des unités non automatisées, le dosage et l'alimentation des machines en colorants et produits chimiques se font manuellement. Une approche de teinture manuelle utilisée pour la laine consiste à

réaliser une teinture d'essai en laboratoire sur un échantillon d'une fibre particulière et ensuite d'appliquer 5 à 10% de colorant en moins lors de la teinture en vraie grandeur. La couleur finale est obtenue en ajoutant du colorant supplémentaire en petites quantités, afin de parvenir à la nuance finale. Selon les colorants, il peut s'avérer nécessaire de refroidir le bain de teinture pour chacune de ces additions, afin de favoriser une répartition uniforme du colorant ajouté. La conformité de la couleur se contrôle à l'œil nu, l'ouvrier teinturier comparant la matière teinte avec un modèle de référence sous éclairage normalisé.

Les teintures qui sont "trop foncées" peuvent être corrigées par élimination du colorant de la fibre, en utilisant un excédent d'agent d'unisson ou en modifiant les conditions de traitement, et en ajoutant ensuite du colorant pour arriver à la nuance exacte. Il s'agit d'une méthode très coûteuse et polluante et dans la plupart des usines de teinture elle n'est utilisée qu'en dernier ressort.

Un paramètre important en teinture discontinue est le **rapport de bain**. Il s'agit du rapport de poids entre la matière sèche totale et la solution totale. Ainsi, par exemple un rapport de bain de 1:10 signifie 10 litres d'eau pour 1 kg de matière textile.

Ce paramètre non seulement influence la quantité d'eau et d'énergie consommée dans le procédé de teinture, mais il joue également un rôle important dans le taux d'épuisement du colorant ainsi que dans la consommation de produits chimiques et de produits auxiliaires.

Le rapport de bain est fonction du niveau d'épuisement du bain par l'intermédiaire de l'équation : $E = K / (K + L)$, où :



K (affinité) = 50 à 1000 pour les différentes combinaisons de colorant/fibre

L (rapport de bain) = 5 à 50 pour les différentes machines

E (épuisement) = 0,5 à 1 (50 à 100 % d'épuisement)

Sur la base de cette équation, on peut retenir que lorsque L augmente, E diminue et une moindre quantité de colorant est absorbée par la fibre lorsque l'équilibre est atteint. L'effet est plus prononcé pour les colorants à faible affinité.

Comme indiqué auparavant, le rapport de bain exerce également une influence sur les niveaux de consommation des produits chimiques et produits auxiliaires. La plupart sont dosés sur la base de la quantité de bain plutôt que sur le poids de la fibre.

Par exemple, dans un rapport de bain de 1:5, 50 g/l de sel signifiera 250 g/kg de fibre, mais avec un rapport de bain de 1:40, les mêmes 50 g/l de sel correspondront à 2 kg/kg de fibre.

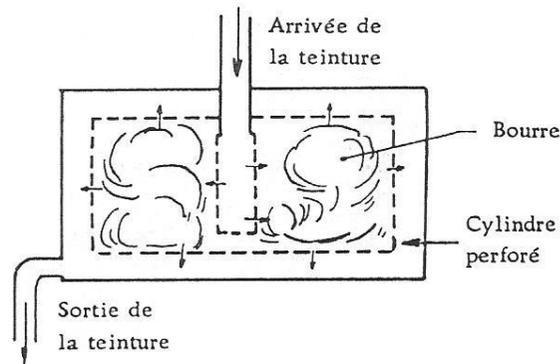
Les rapports de bain varient grandement selon les machines de teinture, le type de support à teindre et son caractère hydrophile. Les fabricants de matériels fournissent une gamme de rapports de bain nominaux pour chaque type de machine. Il s'agit de la plage des rapports de bain, auxquels la machine peut fonctionner lorsqu'elle est chargée à sa capacité optimale/maximale. Dans chaque plage, les valeurs les plus faibles concernent normalement les fibres synthétiques (le polyester est habituellement pris comme référence), tandis que les chiffres les plus élevés s'appliquent au coton. Ceci est dû au fait que les fibres synthétiques absorbent moins d'eau que le coton. Le tableau indique les plages typiques des rapports de bain nominaux pour chaque type de machine. Il convient également de

noter que chaque type de machine possède ses propres limitations et plages d'application.

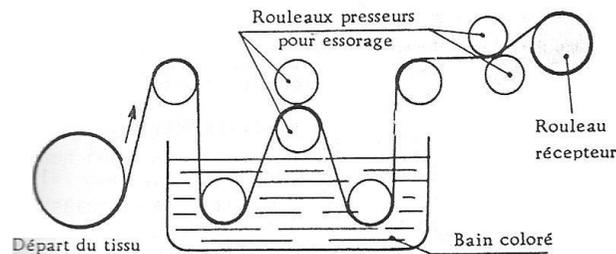
Montage		Procédé	Matériel	Rapport de bain	
Fibre en bourre (également ruban de corde et câble)		Teinture en bourre	Autoclave (teinture en bourre)	1:4 à 1:12 ⁽¹⁾	
Fil	Bobines / cônes	Teinture sur fil	Autoclave (teinture sur bobine)	1:8 à 1:15 ⁽²⁾	
	Echeveau	Teinture sur écheveau	machines de teinture sur écheveaux	1:12 à 1:25 ⁽³⁾	
Tissu, tricot, non tissés	Boyau	Teinture en pièce en boyau	Barque à tourniquet	1:15 à 1:40 ⁽⁴⁾	
			Jet	<ul style="list-style-type: none"> • pour tissu • pour tapis 	1:4 à 1:10 ⁽⁴⁾
			Overflow	1:12 à 1:20 ⁽²⁾	
	Au large	Teinture en pièce au large	Airflow	1:2 à 1:5 ⁽⁵⁾	
			Tourniquet (pour tapis seulement)	1:15 à 1:30 ⁽⁴⁾	
			Teinture sur ensouple	1:8 à 1:10 ⁽⁶⁾	
Teinture sur ensouple + laveuse			1:10 à 1:15 ⁽⁷⁾		
		Teinture sur jigger	1:3 à 1:6 ⁽⁶⁾		
		Jigger + laveuse au large	1:10 ⁽⁷⁾		
Produits finis (par exemple, vêtements, tapis, ensembles de salle de bain, etc.)		Teinture en pièce	Barque à palette	1:60 (non-exceptionnel)	
			Machine à Tambour	Très variable	



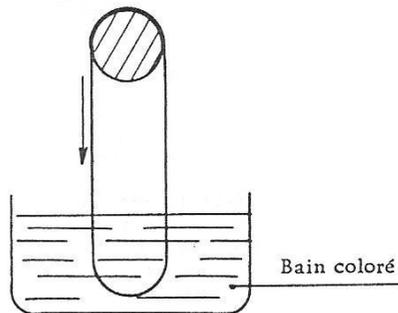
TEINTURE EN BOURRE



TEINTURE EN PIÈCES



TEINTURE EN ECHEVEAUX



Les fibres cellulosiques peuvent être teintées au moyen d'une large gamme de colorants, à savoir :

- réactifs,
- directs,
- de cuve,
- au soufre,
- azoïques (naphtols).

Colorants réactifs

Un tiers des colorants utilisés pour les fibres cellulosiques sont aujourd'hui des colorants réactifs. Ils sont pour la plupart appliqués selon les procédés Pad-Batch et continus pour les tissus, tandis que le traitement en discontinu est le plus courant pour les tricots, la bourre et le fil.

En teinture par épuisement, le colorant, l'alcali (hydroxyde de sodium ou carbonate ou bicarbonate de sodium) et le sel peuvent être ajoutés au bain de colorant en une seule fois, au début du procédé, ou en plusieurs fois au cours de la teinture. Dans ce dernier cas, l'alcali n'est ajouté qu'après l'absorption du colorant par la fibre. Sa quantité est déterminée par la réactivité du système et la hauteur de ton désirée (les colorants à froid sont appliqués à des pH plus alcalins que les colorants à chauds et à haute température). Le sel est ajouté pour améliorer l'épuisement du bain : la concentration utilisée dépend de la substantivité du colorant et de l'intensité de la nuance.

Après teinture, le bain est vidé et la matière est rincée puis lavée avec addition de produits auxiliaires.



Dans les *procédés de teinture par foulardage*, le colorant et l'alcali peuvent être appliqués ensemble ou en deux phases dans deux foulards séparés (ou autres systèmes d'application). Lorsque tous les produits chimiques sont appliqués en une seule phase, la stabilité de la solution dans le foulard est importante. En fait, quand la réactivité du colorant augmente, il existe un risque que le colorant après un long temps de séjour dans la cuve du foulard soit hydrolysé par l'alcali avant de réagir avec la fibre. Pour cette raison, le colorant et l'alcali sont couramment introduits séparément dans la bacholle. Les cuves de foulard sont construites à présent de sorte que le volume de bain soit aussi faible que possible et qu'il soit renouvelé en moyenne toutes les 5 minutes.

Parmi les *procédés de teinture en semi-continu*, le procédé Pad-Batch à froid est de loin le plus important pour les colorants réactifs. Après que le textile ait été foulardé avec le colorant et l'alcali, il est stocké sur rouleaux. La fixation a lieu pendant le stockage.

Dans les *procédés de teinture continue*, le foulardage, la fixation, le lavage et le séchage sont effectués sur la même ligne. La fixation est couramment effectuée soit par chaleur sèche soit par vapeur. Les procédés suivants sont couramment utilisés :

- procédés Pad-Steam (l'une des méthodes les plus courantes est le procédé Pad-Dry / Pad-Steam qui consiste en l'application du colorant par foulardage - le séchage intermédiaire - l'application de l'alcali par foulardage - la fixation du colorant au moyen de vapeur saturée - le lavage - le séchage) ;
- Pad-Dry Thermofix (le colorant et l'alcali sont foulardés en même temps, ensuite la matière textile peut être séchée et

fixée en une seule phase ou elle peut être fixée thermiquement après une phase de séchage intermédiaire).

Colorants directs

Les colorants directs sont également très importants dans la teinture des fibres cellulosiques : 75 % de la consommation totale de ces colorants sont utilisés pour teindre les supports en coton ou en viscosse.

Les colorants directs sont appliqués directement dans le bain contenant également le sel (chlorure de sodium ou sulfate de sodium) et les produits auxiliaires qui facilitent la mouillabilité du support et l'effet de dispersion. Les mélanges de tensio-actifs non ioniques et anioniques sont utilisés à cette fin.

En teinture par épuisement, le colorant est d'abord empâté, puis dissous dans de l'eau chaude et ajouté au bain de colorant. L'électrolyte est ensuite ajouté au bain de colorant. Après vidange du bain de colorant, l'étoffe est lavée à l'eau froide et généralement soumise à un post-traitement.

Colorants de cuve

Les colorants de cuve possèdent d'excellentes propriétés de solidité lorsqu'ils sont choisis de manière appropriée et ils sont souvent utilisés pour des tissus qui seront soumis à de sévères conditions de lavage et de blanchiment (serviettes de toilette, vêtements industriels et militaires, etc.)



Les colorants de cuve sont normalement insolubles dans l'eau, mais ils deviennent solubles et substantifs pour la fibre après réduction dans des conditions alcalines (mise en cuve). Ils sont ensuite réinsolubilisés par oxydation et, de cette façon, ils demeurent fixés dans la fibre.

Lorsque l'on applique des colorants de cuve dans des procédés discontinus, le support textile risque d'être teint très rapidement et irrégulièrement en raison de la forte affinité du colorant. Toutefois, une teinture unie peut être obtenue en :

- ajoutant des agents d'unisson,
- augmentant la température selon un profil contrôlé (procédé "haute température" et méthode "semi-pigmentation"),
- imprégnant le support textile avec le colorant insoluble en dispersion dans le bain et en ajoutant l'agent de réduction au cours d'une phase ultérieure (procédé de pré-pigmentation).

Colorants au soufre

Les colorants au soufre sont utilisés pour la teinture en pièces (fibres cellulosiques et mélanges cellulosiques /polyester), la teinture sur fil (fil à coudre, fils de chaîne pour tissu denim, fil pour articles tissés teints), la teinture en floc, ruban de carde (mélanges de laine et fibres artificielles).

Comme les colorants de cuve, les colorants au soufre sont insolubles dans l'eau et, dans des conditions alcalines, ils sont convertis en leuco-dérivés qui sont solubles dans l'eau et possèdent une forte affinité pour la fibre. Après adsorption dans la fibre, le colorant est oxydé et retrouve son état d'origine insoluble. L'agent de réduction,

les sels, l'alcali et le colorant non fixé sont finalement éliminés de la fibre par rinçage et lavage.

La plupart des méthodes appliquées sont des méthodes de teinture à la continu bien que la teinture en discontinu (en jigger, sur jet et en barque à tourniquet) soit également possible.

Colorants azoïques (naphtols)

Les colorants de type Naphtol AS donnent des couleurs ayant une solidité exceptionnelle, mais leur utilisation a diminué en raison des coûts d'application et de la complexité du procédé de préparation du colorant.

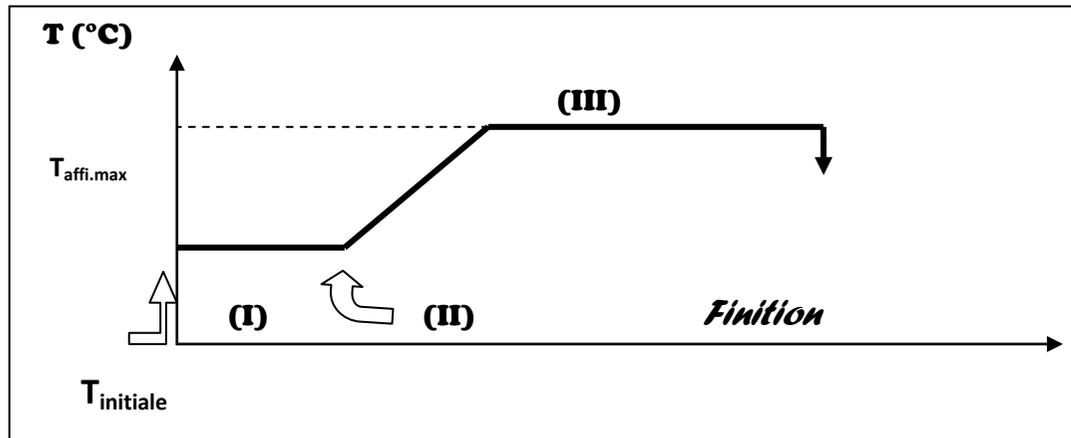


Teinture traditionnelle

Teinture au laboratoire



Le processus général de la teinture peut être schématisé ainsi :



(I) : Préparation de la matière à la teinture

(II) : Adsorption + 'diffusion' c'est le dépôt de colorant sur la surface textile, mais rien n'empêche quelques molécules de se diffuser à l'intérieur de la fibre.

(III) : Diffusion + fixation c'est le passage du colorant de la surface du textile à l'intérieur de la fibre. Un phénomène de migration peut accompagner la diffusion pour se terminer la fixation de ces molécules sur notre matière.

Cette fixation peut se faire par différentes liaisons : hydrogène, VdW, électrostatique et covalentes.

Néanmoins, la teinture dépend de plusieurs facteurs :

- **La nature de la matière textile** : L'affinité tinctoriale se diffère d'une matière à une autre et parfois d'un lot à un autre.
- **L'eau** : C'est l'élément chimique dominant du bain et par la suite sa qualité (dureté) va nécessairement influencer la qualité de teinture.
- **Colorant** : La solubilité du colorant, son affinité pour les fibres et la taille de ses de ces molécules influent énormément sur l'unisson.
- **Température** : L'augmentation de la température favorise la montée du colorant vers la fibre ; elle influe donc sur l'unisson.

Pour chaque colorant on distingue une température d'affinité maximale (à laquelle la vitesse de montée est maximale)

- **Temps** : Pour chaque colorant il existe un temps nécessaire pour l'épuisement total du bain ; il a son influence sur la nuance.

Ces paramètres sont fortement liés les uns aux autres, en effet on ne peut pas lancer une teinture sans vérifier l'affinité du colorant envers la matière à teindre ou sans bien régler les conditions dans laquelle s'effectuera cette teinture.



V. Les Produits chimiques utilisés à l'ennoblissement

Lors d'ennoblissement, les produits utilisés diffèrent d'un traitement à un autre et leurs concentrations varient d'un bain à un autre. Dans ce paragraphe, on va essayer de donner quelques notions sur ces produits et leurs effets.

Les acides :

On appelle 'acide' tout corps capable de libérer un proton H^+ . Ils sont classés en deux groupes : les acides minéraux et les acides organiques.

Parmi les acides minéraux utilisés dans nos TP, on cite essentiellement l'acide sulfurique H_2SO_4 : c'est un acide fort très agressif et il est soluble dans l'eau avec un fort dégagement de chaleur. Il est ininflammable et inexplorable mais son action corrosive sur les métaux donne lieu à un dégagement d'hydrogène très inflammable et dont le mélange avec l'air, dans de très large limite (4-75%) explose facilement.

Son emploi est très répandu dans les prétraitements de la laine.

Concernant les acides organiques, leur formule contient toujours un ou plusieurs groupes carboxyliques (COOH). Ils sont en règle générale plus faibles que les acides minéraux et on en cite essentiellement :

- L'acide acétique CH_3COOH : il en existe plusieurs formes commerciales :
 - * solution à 80% : acide courant
 - * cristaux à 98-99% : acide glacial

Il attaque la plupart des métaux avec formation d'hydrogène (sauf l'inox et l'aluminium). Il peut réagir violemment avec les oxydants (nitrate d'aluminium, acide nitrique...)

On l'emploi fréquemment dans tous les domaines d'ennoblissement.

- L'acide formique $HCOOH$: il est commercialisé sous forme de solution à 80%. Il possède des propriétés proches de celles de l'acide acétique qu'il remplace souvent parce que moins coûteux et deux fois moins polluant. Il attaque les polyamides.

Il est employé pour la meilleure fixation de colorants directs...

Les bases :

Leur formule contient toujours un ou plusieurs groupes hydroxyles OH. Les bases les plus utilisées sont :

- La soude caustique NaOH : C'est une base forte, réagissant violemment avec les acides forts et faibles. Elle est très agressive pour les fibres animales et acryliques. Même les solutions aqueuses attaquent certains métaux (aluminium, cuivre, zinc, plomb, étain) avec dégagement d'hydrogène inflammable. L'addition brutale peut provoquer sa vaporisation avec projection de soude
Emploi : surtout en préparation et blanchiment des fibres cellulosiques et synthétiques. Teinture aux colorants au soufre, de cuve, réactifs.
- L'ammoniaque NH_4OH : C'est une solution de gaz ammoniac NH_3 très soluble dans l'eau, très caustique mais moins que la soude.
C'est une base faible neutralisant les acides avec formation de sels d'ammonium ; elle attaque certains métaux dont le cuivre mais non le fer, l'acier et certains plastiques.

L'eau oxygénée (Peroxyde d'hydrogène) H_2O_2 :

Elle se décompose en oxygène et eau en milieu alcalin ou par la présence de métaux surtout s'ils sont à l'état divisé ; d'où le risque de formation d'oxycellulose sur les cotons contenant des traces métalliques, notamment de la rouille tombée des charpentes ou amenée par l'eau. Elle réagit de façon explosive en solutions concentrées avec l'acétone, l'acide formique, les alcools et le permanganate de potassium.

Le titre s'exprime soit en volume (litres) d'oxygène dégagé par 1 litre de solution, soit en g de H_2O_2 dans 100g de solution.

Les sels :

Les sels les plus utilisés sont les sels de sodium et on en cite essentiellement :

- Sulfate (sulfate neutre) Na_2SO_4 : Il est commercialisé sous deux formes :
 - *anhydre : poudre blanche.
 - *cristaux avec 7 H_2O ou 10 H_2O .

Emploi : -Sur fibres cellulosiques pour améliorer le rendement de certains colorants.

-Sur laine comme agent d'unisson.

- L'Hydrosulfite de sodium (dithionite) $Na_2S_2O_4$: C'est un réducteur puissant qui absorbe facilement l'oxygène de l'air surtout en un atmosphère chaud et humide. Les solutions s'oxydent rapidement à l'air : elles ne sont donc à préparer qu'au dernier moment.
Formes commerciales : poudre normale à 75% ou concentrée à 83%.

Emploi : *Agent de blanchiment (pour les fibres synthétiques)



- Chlorure de sodium NaCl :

Formes commerciales : cristaux blancs parfois teintés par des dénaturants incorporés pour empêcher l'emploi alimentaire. La forme épurée est exempte de chlorures alcalino-terreux (calcium et magnésium) gênants pour certains colorants.

Emploi : les mêmes que le sulfate neutre.

- Hypochlorite de sodium (eau de javel) NaClO :
- Il est commercialisé sous deux formes :

*solution à 21°Bé : eau de javel.

*solution à 30°Bé : extrait de javel.

Les deux formes contiennent du chlore et du carbonate de sodium, ainsi que la soude caustique ; sensibles à la lumière et à la chaleur. En fait, ces solutions sont des supports commodes de chlore gazeux qui agit comme élément oxydant et blanchissant ce qui explique que l'eau et l'extrait de javel soient définis par la quantité de chlore gazeux que 1 litre peut dégager.

Emploi : *Blanchiment des fibres cellulosiques.

*agent d'oxydation.

- Phosphates de sodium :

Il existe une grande variété de sels de sodium phosphatés : l'orthophosphate monosodique NaH_2PO_4 (pour avoir une solution légèrement acide), l'orthophosphate trisodique Na_3PO_4 ...

Ils sont employés soit dans le traitement des eaux soit comme séquestrant (sous forme d'anhydre) quand est requise une alcalinité faible (laine, soie, acrylique)

- Carbonate de sodium Na_2CO_3 :

Il est commercialisé sous deux formes : soit anhydre soit cristallisé. Il remplace souvent la soude à cause d'une alcalinité moins agressive et d'une manipulation aisée.

Il est fréquemment utilisé dans l'ennoblissement du coton (préparation, blanchiment et teinture).

Les détergents :

Ce sont des produits destinés à assurer le lavage de toute matière textile, opération pouvant se schématiser ainsi :

- Eliminer les graisses.
- Disperser dans l'eau les poussières et réhydrater les particules séchées.

- Dissoudre les produits solubles et disperser ceux qui sont insolubles.
- Eviter la redéposition des salissures détachées du support textile.
- Redonner à la matière éclat et blancheur.

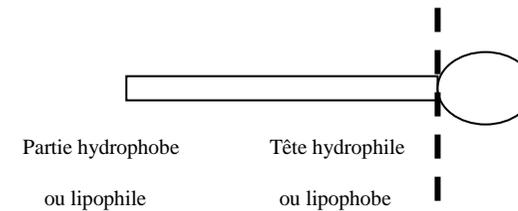
Ils sont composés d'un mélange plus ou moins complexe de différents produits qui assurent chacun un fonction bien définie dans le lavage ; néanmoins ils peuvent être considérés comme le mélange de deux de deux sortes de produits :

- ✓ Les tensions-actifs ou agents de surface.
- ✓ Les adjuvants.

Les tensions-actifs ou agents de surface :

Leur molécule est formée de deux parties :

- ❖ Une « tête » dite hydrophile (qui aime l'eau) ou lipophile (qui n'aime pas l'huile).
- ❖ Une « queue » hydrophobe ou lipophile.



Ce caractère fait que les tensions-actifs tendent à se concentrer aux interfaces entre l'eau et l'huile : la tête plongeant dans l'eau et la queue l'huile.

Comme les tensions-actifs ont une plus grande affinité pour les fibres (laine, coton...) que pour les tâches des graisses, ils mouillent mieux les substrats fibreux ; on comprend donc qu'un film de produit tensions-actifs puisse s'introduire entre la fibre et la tâche et la soulever.

L'angle de contact entre la graisse et les fibres augmente et la graisse finit par se séparer complètement de la surface de la fibre.

Les adjuvants :

Ce sont des produits ajoutés aux tensions-actifs et dont le rôle est de parfaire, de compléter l'action de ces produits ou bien d'avoir une toute autre action que ne peuvent effectuer les tensions-actifs.



Ces adjuvants peuvent être :

- *Des produits alcalins* : tel que le carbonate de sodium, le métasilicate de sodium, les polyphosphates de sodium... Leur action peut se résumer ainsi :
 - *Augmentation de l'efficacité des tensio-actifs.
 - *Mise en émulsion les salissures grasses plus facile.
 - *Rôle protecteur de la fibre (pour le métasilicate de sodium).
 - *Élimination des salissures minérales ou acides.
 - *Rôle anti-calcaire (avec les tripolyphosphates de sodium).
- *Les séquestrants* : Ce sont des corps qui, en présence d'eau dure, donnent les sels de calcium et de magnésium qui ne rendent pas les lessives insolubles : rôle anti-calcaire. On rencontre les séquestrants minéraux tels que les tripolyphosphates de sodium, le métaphosphate de sodium (CALGON) ou organiques tels les sels tétrasodiques de l'acide éthylène diamine tétraacétique (E.D.T.A).
- *Les enzymes* : ce sont des produits biochimiques qui permettent de dégrader certaines salissures de nature protéinique.

Ces adjuvants peuvent aussi être des agents de blanchiment ou des composants divers tels que les parfums, les colorants, les assouplissants incorporés et les différents produits servant à conditionner la lessive.

TRAVAIL A FAIRE

1. Définir le procédé d'ennoblissement et expliquer à l'aide de schémas les différentes étapes possibles en précisant les matières premières et leurs structures utilisées dans ces techniques ?
2. Quel est l'intérêt de l'utilisation des pré-traitements avant de faire la teinture ?
3. Donner avec précision les différents traitements et procédés possibles à partir de la première jusqu'à la dernière étape d'ennoblissement en prenant comme exemple les fibres de coton ?
4. Quels sont les techniques de teinture qu'on peut faire dans les laboratoires de l'ISET en précisant les noms des machines utilisées ?