

Les galiléens

Lycée Galilée Gennevilliers JUIN 2014



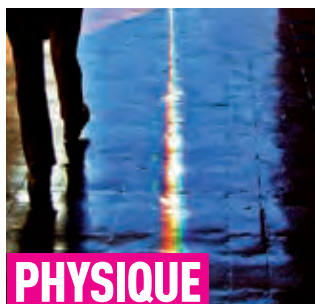
ART

POURQUOI LES HOMMES
DESSINENT
SUR LES MURS



CHIMIE

LA LAINE
A-T-ELLE POUR FIBRE
LES COLORANTS



PHYSIQUE

DE LA COULEUR
PLEIN LES YEUX



HISTOIRE

LES UNIFORMES DES POILUS

L'HOMMAGE DES LYCÉENS AUX
SOLDATS DE LA GRANDE GUERRE

UN PROJET EXEMPLAIRE



MARC VIGÉ

Inspecteur d'académie, Référent mémoire et citoyenneté de l'académie de Versailles

LE PROJET «UNIFORMES DES POILUS» déposé par les professeurs du lycée Galilée de Gennevilliers auprès du Comité académique du centenaire et de la Mission nationale du centenaire est exemplaire à plus d'un titre, et c'est à bon droit qu'il a reçu le label national tant convoité. D'abord parce qu'il démontre de façon éclatante pourquoi Marianne et Clio peuvent, et dès lors doivent, contribuer ensemble à la commémoration du centenaire de la Première Guerre mondiale. Toute commémoration, et celle-là plus encore que les autres, est un projet politique qui embrasse de plus amples ambitions que le seul «devoir de mémoire» dont les sociétés contemporaines sont obsédées au point de parfois le confondre abusivement avec une sacralisation de la mémoire. Maintenir vivant le souvenir exige de s'interroger en profondeur sur les conditions de la transmission mémorielle afin de lui donner du sens. Au-delà de cette première convocation, il s'agit aussi de délivrer des connaissances,

de donner à comprendre, de faire connaître selon des règles propres au régime de vérité qui est celui de l'Histoire. Il n'est pas de reconnaissance sans connaissance et c'est pourquoi la République demande à son école d'enrichir la commémoration qu'elle veut d'une indispensable traduction pédagogique. Ce travail sur l'évolution de l'uniforme des soldats mesure parfaitement ces enjeux de la mémoire et de l'Histoire. En ce sens, loin d'être seulement tourné vers le passé, il est utile au présent et à l'avenir.

CETTE ENTREPRISE, et ce n'est pas la moindre de ses richesses, engage véritablement l'établissement en son entier et bon nombre d'institutions partenaires. Solidement établi sur l'offre de formation spécifique du lycée, il engage plusieurs classes, sur les trois niveaux et dans différentes séries, dans un parcours commun d'investigation où les salles et des laboratoires du lycée mais aussi le musée de la Grande Guerre, le palais de la Découverte, la Manufacture des Gobelins, l'Historial de Péronne et le Chemin des Dames sont autant d'étapes obligées. Six professeurs, chargés de quatre disciplines, encadrent ces dizaines d'élèves. La question de l'uniforme est ainsi traitée selon une approche globale. Ce croisement des regards et des méthodes n'assure pas seulement la cohérence intellectuelle et culturelle de l'ensemble; il est aussi un élément de valorisation de la série, de l'option, de la spécialité choisie par chaque élève engagé dans cette affaire qui peut ainsi vérifier, par la somme des compétences requises, la fonction émancipatrice des savoirs et de la culture.



LIONEL PINARD

Proviseur du lycée Galilée

CE PROJET EST LA RENCONTRE DE DEUX ENTITÉS DE GENNEVILLIERS, qui, à première vue, n'avaient aucun point en commun : un groupe de presse et un lycée des métiers de la chimie, des biotechnologies et de la plasturgie.

Un groupe de professeurs de physique chimie de laboratoire (1re PCL) s'est lancé dans l'aventure en faisant travailler ses élèves sur le rôle de la chimie dans l'industrialisation des uniformes des poilus. Pour valoriser ce projet pluridisciplinaire, l'équipe de Prisma Media a proposé d'accompagner les élèves sur la réalisation d'un magazine.

Au travers de cette aventure, ce n'est pas seulement le résultat technique qui est visé, mais c'est le rapprochement de deux mondes que rien ne prédestinait à se rencontrer : une structure professionnelle mondialement reconnue et un établissement de zone d'éducation prioritaire qui prépare les jeunes de demain. Ce projet a permis de fédérer les élèves d'une classe autour d'un projet commun et de leur faire découvrir les métiers de la presse magazine. Cela a été également l'occasion de rencontres avec des professionnels d'une grande entreprise de leur ville.

Lorsque des passionnés se rencontrent, l'aventure ne peut être que passionnante et le résultat est à la hauteur de la qualité des protagonistes. Une belle histoire et je salue ce travail. Un grand merci à tous !

“ La rencontre entre le monde de l'école et celui de la presse. ”

SOMMAIRE



HISTOIRE P. 6

1914-1918

UNIFORMES ET GUERRE
DE TRANCHÉES

DES HOMMES AU FRONT

Les soldats n'étaient pas préparés à une guerre de tranchées. Ils vont devoir très vite s'adapter.

© RUE DES ARCHIVES

ART P. 18

DES COULEURS ET DES MURS

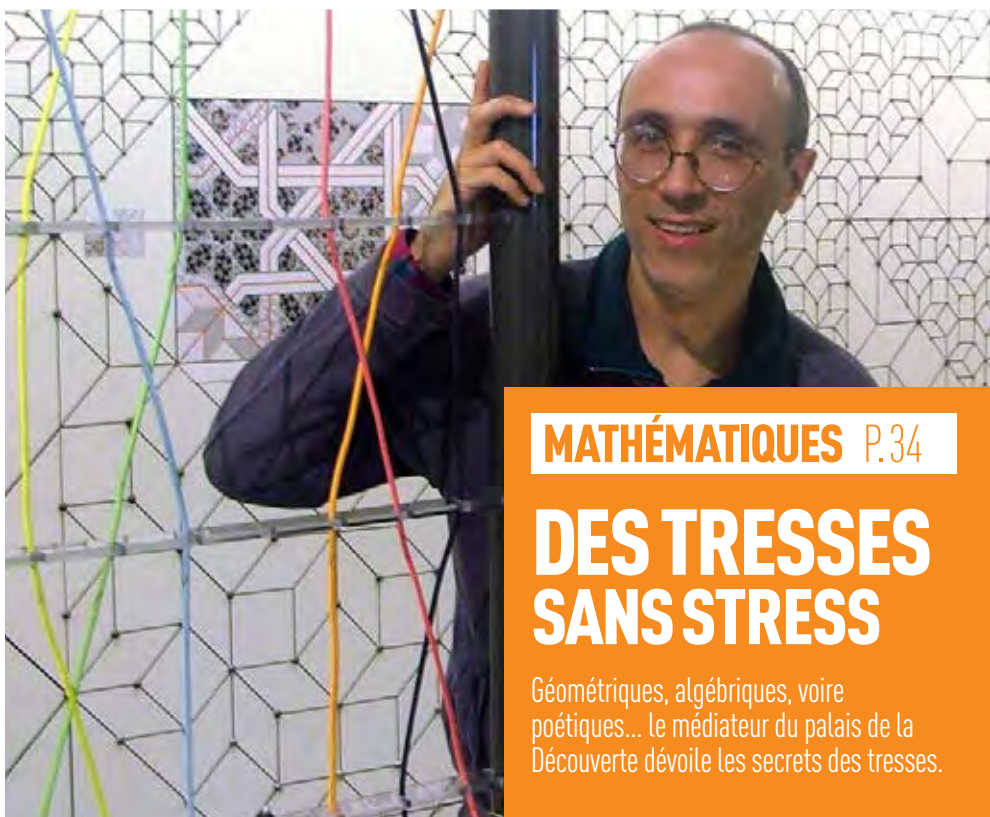
Parois des grottes préhistoriques, temples, cathédrales... l'homme a toujours dessiné sur les murs. Histoire des pigments.



CHIMIE P. 26

LA LAINE A-T-ELLE LA FIBRE POUR LES COLORANTS ?

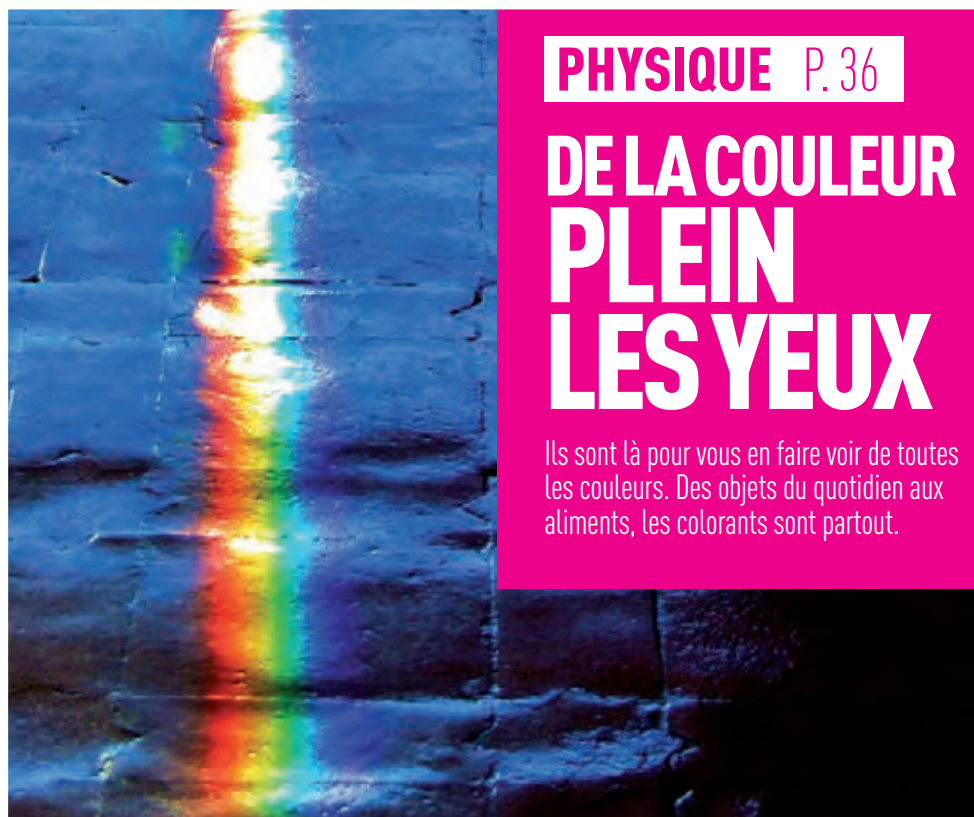
Avec l'aide des experts de la Manufacture des Gobelins, les élèves ont créé leur propre protocole de teinture de la laine.



MATHÉMATIQUES P. 34

DES TRESSSES SANS STRESS

Géométriques, algébriques, voire poétiques... le médiateur du palais de la Découverte dévoile les secrets des tresses.



PHYSIQUE P. 36

DE LA COULEUR PLEIN LES YEUX

Ils sont là pour vous en faire voir de toutes les couleurs. Des objets du quotidien aux aliments, les colorants sont partout.



L'ÉQUIPE P. 42

QUI SE CACHE DERRIÈRE LES GALILÉENS ?



UNIFORMES ET
GUERRE DE TRANCHÉES

1914-1918

La Première Guerre mondiale marque une rupture dans l'histoire des conflits et l'expérience combattante. Les tranchées qui en sont le symbole exigent très vite que les hommes s'adaptent...



Les tranchées apparaissent déjà dans d'autres guerres sur d'autres fronts dès la fin du XIX^e siècle, en Crimée lors du siège de Sébastopol, dans la guerre des Boers en Afrique du Sud ou encore à Cuba entre les Américains et les Espagnols. Mais l'ampleur et la place qu'elles prennent durant la guerre de 14-18 en font le symbole de cette guerre «moderne». La place des soldats y est déterminante et leur équipement, du fusil au casque en passant par la capote et le pantalon, a une importance vitale. En août 1914, en pantalon «garance», la baïonnette au fusil, les soldats français sont dépassés par la violence des premiers combats. En uniforme «bleu horizon», casque Adrian sur la tête, ils formeront, quatre ans plus tard, en novembre 1918, l'armée la plus moderne du monde. On est passé en quelques mois d'un siècle à l'autre. Une mutation à l'épreuve d'un feu terrible et à l'école du front.

EN RANG

Les soldats de 1914 en tenue «garance», résolus à prendre la revanche de la défaite de 1871.

DES HOMMES AU FRONT



L'uniforme de 1914 doit être celui de la revanche

Été 1914, l'espoir d'une guerre courte

Le 2 août, en pleine période de moisson, la France mobilise. Après quarante-trois ans de paix, l'entrée en guerre est dure et difficile à anticiper. Les soldats partent en guerre croyant à une victoire rapide. Mais les premiers combats vont révéler ce que l'on ne soupçonnait pas. La France ne souhaite pas de guerre longue contre l'Allemagne. Elle cherche la bataille décisive par une offensive massive en un point et décide donc de concentrer rapidement les troupes en Lorraine. Elle fait le choix du nombre en copiant la mobilisation de la Prusse de 1870. A l'issue de la mobilisation, le 18 août, 2,7 millions de soldats sont prêts à combattre et reçoivent rapidement un équipement neuf. Côté français, on compte trois cents régi-

ments d'infanterie qui disposent de trois armes, le pistolet, la mitrailleuse et le fusil, une artillerie avec des canons et une cavalerie pour le renseignement et exploiter les succès, comme sous Napoléon. Mais le 23 août 1914, on dénombre déjà 22 000 morts du côté français. Les combats de frontières se révèlent très vite inutiles et meurtriers. La bataille de la Marne, en septembre 1914, est enfin une victoire pour les Français et leur permet de souffler un peu.

L'uniforme de l'été 1914, un uniforme du XIX^e siècle

L'uniforme du fantassin français au moment de la mobilisation en août 1914 est une tenue proche de celle de son aîné de 1870. Un uniforme qui doit être celui de la revanche et que les soldats portent

avec panache. Bien que le remplacement de la tenue couleur «garance» par des tons plus neutres vienne d'être décidé, l'uniforme des fantassins en 1914 n'a pu être changé faute de temps et de moyens. Les grandes armées européennes, britanniques, russes ou allemandes ont, quant à elles, déjà opté pour des couleurs plus discrètes. L'encombrement et l'indiscrétion font donc de l'uniforme français un des moins avantageux par rapport à ceux des autres armées. Même immobiles, les soldats français sont des cibles privilégiées.

Le consentement sous la contrainte

Les historiens de la Première Guerre mondiale sont divisés. Certains considèrent que les soldats ont «consenti» à cet effort de guerre, d'autres pensent que les poilus y ont été «contraints».

La thèse du consentement affirme que l'acceptation était volontaire. L'Union sacrée par exemple montre une forme d'adhésion des Français

TARDI, LES ARTISTES ET LA GRANDE GUERRE

De nombreux artistes se sont élevés pour lutter contre l'horreur de la Grande Guerre. Jacques Tardi, antimilitariste, s'inspire de son histoire familiale et de celles des poilus pour tourner en dérision cette guerre absurde, et faire naître un sentiment de répulsion.

à l'égard du conflit. En effet, tous les partis politiques se rallient à l'idée de guerre au début d'août 1914. Avec l'image de l'envahisseur allemand, l'Etat fait appel à l'esprit patriotique, à la défense de la patrie, de la République et de la liberté. C'est ce que les soldats eux-mêmes appellent le «bourrage de crâne». Le fait est qu'il y a peu de réfractaires, et surtout pour des raisons cocasses, par illettrisme, ou parce que certains pensaient que l'armée passerait les chercher chez eux. Les historiens de la contrainte défont le mythe du départ «la fleur au fusil» dans un enthousiasme général. Ils évoquent plutôt une insouciance éphémère qui fait écrire des messages presque poétiques sur les trains de mobilisés, «déjeuner à Berlin», et nous laisse des visages souriants sur les photographies de départs pendant l'été 1914. Mais la réalité des premiers combats efface très vite cette illusion d'une guerre courte et facile.



LES PREMIERS MORTS

Les journaux français sont très optimistes au début de la guerre. A l'arrière, on fait croire que «les balles allemandes ne tuent pas». Plus les armes se perfectionnent et moins il y aurait de morts et de blessés. Les soldats sur le front se rendent vite compte du contraire.



UNE MOBILISATION RÉUSSIE

EN FRANCE, LE SERVICE MILITAIRE A ÉTÉ RALLONGÉ EN 1913 pour une conscription massive. Cela lui permet de mobiliser presque autant d'hommes que l'Allemagne (20 % en moins), soit près de 3,6 millions de soldats, alors qu'elle est deux fois moins peuplée. Cette affiche date de 1914 et porte l'ordre des appels des différents corps d'armée pour l'année 1914 à Lille. Elle témoigne de l'efficacité de la préparation à la mobilisation.



UN SYMBOLE PATRIOTIQUE

CETTE AFFICHE INVITE LES FRANÇAIS À PRÊTER À L'ÉTAT pour financer l'effort de guerre. La propagande reprend ici la symbolique du départ du poilu agitant son mouchoir à sa femme et ses enfants, dont le plus grand est affublé du képi rouge «garance» trop grand.



Carnet de guerre d'un soldat inconnu

Un matin d'hiver, l'illustrateur Barroux trouve sur un trottoir un carnet qui contient le témoignage d'un soldat inconnu sur les premières semaines de la mobilisation durant l'été 1914. Barroux décide de mettre le récit en images, dans un album intitulé *On les aura ! Carnet de guerre d'un poilu (août, septembre 1914)*. Voilà ce que le soldat inconnu dit des premiers jours de la mobilisation : «3 août. C'est le jour du départ. La mobilisation est décrétée, il faut partir, quitter femme, enfants, famille. J'ai du courage, il le faut. 9 heures. C'est fini : adieu à tous. Non, au revoir. Car je les reverrai. Lucien et René m'accompagnent jusqu'à la gare de Bercy où je suis convoqué. Le temps est superbe. Un peu chaud mais bien. J'en verrai d'autres. 10 heures, nous arrivons. Après une vigoureuse étreinte, je passe la barrière et je retrouve tous les camarades d'autrefois. Tous sont gais. Nous nous dirigeons sur le quai du départ. [...]. 4 août. [...] Les journaux arrivent de Paris annonçant la mauvaise nouvelle officielle. La guerre est déclarée. C'en est donc fini, nous allons nous battre ! Combien de soldats que nous voyons passer rentreront dans leur foyer ? Chassons ces idées noires et reprenons courage.»



Le départ Le soldat héroïsé

Le Départ des poilus est une toile monumentale (12 mètres sur 5, soit 60 mètres carrés) réalisée par le peintre américain Albert Herter en août 1914. Elle illustre le départ des poilus vers les fronts français à la gare de l'Est. Il a réalisé cette œuvre pour rendre hommage à son fils mort dans les derniers mois de la guerre. La longueur du tableau permet de multiplier les scènes d'adieu entre les familles et les soldats partant vers le front en Lorraine. Les chemins de fer ont joué un rôle capital dans les premières opérations de l'été 1914 où 10 000 trains ont été nécessaires à la mobilisation. En réalité, les forces de l'ordre interdisaient l'accès aux quais aux civils qui faisaient leurs adieux devant le bâtiment.



De l'eau pour nos soldats L'*Excelsior* illustre la guerre

Créé en 1910, l'*Excelsior* est l'un des premiers quotidiens français illustrés de photographies. Depuis la déclaration de guerre en août 1914 à l'annonce de la victoire et la signature du traité de Versailles, une équipe de photographes publie entre vingt et trente photographies par jour. Comme ici, cette image prise le treizième jour de la mobilisation à la gare de Champigny-sur-Marne. «On rafraîchit nos braves tirailleurs partant pour le front.»



Une mobilisation «la fleur au fusil»

Le 2 août, jour de la mobilisation générale, un photographe de l'*Excelsior* prend sur le vif un officier porté en triomphe à la gare de l'Est.

LE SOLDAT

“LA FLEUR AU FUSIL”

ÉTÉ 1914

LA CAPOTE EN DRAP DE LAINE

Ce modèle de 1877, de couleur gris de fer bleuté, est fermé par deux rangs de boutons, ce qui permet de tenir chaud mais consomme plus de tissu qu’une seule rangée de boutons.

LE HAVRESAC

Dans ce sac de toile cirée renforcé par un cadre en bois, il y a toute la vie du soldat : sa gamelle, des couverts, une gourde, une boîte à biscuits et des effets personnels, une pipe et du tabac, un briquet, des photographies, des lettres... Sur le havresac sont arrimés plusieurs équipements collectifs ou individuels (une couverture, une pelle par exemple). Le poilu porte donc quelque trente kilos sur le dos.

LE PANTALON ROUGE TRADITIONNEL

C’est l’emblème du soldat français au début de la guerre. Le pantalon rouge, dit «garance» n’est pourtant pas une nouveauté. C’est le roi Charles X qui l’avait introduit dans l’armée française en 1829 pour favoriser la culture française de la garance. Mais à la fin du XIX^e siècle l’industrie chimique allemande produit l’alizarine par synthèse et entraîne la ruine des producteurs français. La couleur «garance» des uniformes de 1914 est donc obtenue à partir de la teinture synthétique achetée aux Allemands.



L’origine du drapeau français n’est pas aussi claire que l’abondante littérature sur le sujet peut le laisser penser. En effet, les travaux scientifiques qui lui sont consacrés sont peu nombreux. La cocarde tricolore, née en juillet 1789, précède de peu le drapeau bleu, blanc et rouge. La Fayette affirme que c’est lui qui eut l’idée de faire fusionner, le 17 juillet à l’Hôtel de Ville, la cocarde blanche du roi, symbole de son pouvoir militaire, et

les couleurs bleu et rouge de la garde nationale. Mais d’autres témoignages divergent. Le fait est que, dans la décennie qui précède la Révolution française, l’association de ces trois couleurs sur les vêtements est à la mode. Il s’agit des couleurs de la Révolution américaine, que les Français ont suivie avec passion, et du drapeau de la jeune Amérique que la France a soutenu. De fait, la cocarde tricolore connaît un succès foudroyant et est déclarée

BLEU, BLANC, ROUGE

«nationale» en juin 1790, quelques jours avant la fête de la Fédération. C’est en 1794 que le drapeau prend sa forme actuelle, trois bandes verticales de même largeur, le bleu près de la hampe. Au moment de la Restauration (1814 - 1830), il est délaissé au profit du drapeau blanc, puis remis à l’honneur et reste le drapeau de la nation et de l’Etat, malgré la menace du drapeau rouge socialiste en 1848 et celle du drapeau blanc monarchiste en 1873.



LE KÉPI (MODÈLE 1884)

En campagne, le turban garance et bandeau bleu est recouvert d’un couvre-képi bleu.

LE CEINTURON

Le ceinturon porte trois cartouchières et la baïonnette dans son fourreau.

LE FUSIL LEBEL

Le fusil Lebel était porté au dos. Mis au point en 1886, c’est le premier fusil à répétition de l’armée française qui permet un tir plus rapide et à plus longue portée, 450 mètres au maximum. Même à 250 mètres, il peut traverser un homme dans les parties molles et casser des os. C’est une arme puissante et précise qui constitue un progrès et explique les pertes considérables des premières batailles de mouvement de l’été 1914. Mais il est encombrant, plus d’1,80 mètre avec la baïonnette et pèse plus de quatre kilos. Il sera l’objet d’améliorations, parfois du fait des soldats eux-mêmes, comme en témoigne l’exemplaire trafiqué pour s’adapter à la morphologie des tranchées.

GUÊTRES

Le pantalon est enserré, aux mollets, par des guêtres en cuir, et les soldats sont chaussés de brodequins en cuir à semelles cloutées.

LE SOLDAT

“LE POILU DES TRANCHÉES”



1915

L'année 1915 est marquée par l'enlissement dans les tranchées, c'est le moment où les uniformes vont être réadaptés à ces nouvelles conditions de combats. Cependant, dans les premiers mois de la guerre il manque près de deux millions d'uniformes et d'équipement. Les magasins d'habillement dévalisés compensent la pénurie de drap de laine en fournissant des modèles simplifiés de képis gris bleu ou bleu clair, des pantalons civils en velours côtelé, marron ou bleu ou une capote à simple boutonnage dessinée par le couturier Poiret en septembre 1914. On ressort les vieux stocks d'équipement remontant parfois jusqu'au Second Empire. Des marchés sont passés dans la panique générale. Les chaussures se font si rares que l'on paye aux hommes celles qu'ils apportent en arrivant dans le régiment ! Les Françaises tricotent des hausse-cols, des écharpes, des pulls envoyés sur le front. L'armée des débuts de la guerre est donc une armée hétéroclite, où aucun soldat ne ressemble tout à fait à un autre.



DU KÉPI AU CASQUE ADRIAN

Le képi en toile n'est d'aucune utilité surtout dans les tranchées où est massivement utilisée l'artillerie. Les services de santé ont très vite alerté l'état-major du nombre de blessures à la tête. Pour protéger les soldats, on distribue, au cours de l'année 1915, 700 000 calottes métalliques à placer sous le képi. L'intendant Adrian met au point le premier casque métallique français, produit et distribué massivement à partir de septembre 1915. Doublé de cuir de mouton, il fait 0,7 mètres d'épaisseur et possède un protège nuque, une visière et une insigne d'arme qui renseigne sur le service dans lequel combat le soldat.



L'HIVER DANS UNE TRANCHÉE FRANÇAISE

Cette planche stéréoscopique fait partie d'un lot trouvé par un couple d'Américains qui ont vécu en France. L'origine est donc inconnue mais elle témoigne des conditions de vie au front dans les tranchées. Elles sont dans un premier temps un phénomène spontané : les soldats se sont mis à creuser et

ces lignes ont résisté. Mais le premier hiver y est terrible, le premier passé dans la boue et le froid des tranchées, et l'année 1915 est particulièrement meurtrière. En octobre 1915, on dénombre déjà la moitié des morts de la guerre. Les soldats n'étaient pas prêts à tenir et combattre dans



LE « VRAI POILU »

Ce portrait de poilu de l'artiste parisien Georges Scott (1873-1943), révèle la métamorphose de la silhouette du poilu. Envolé le panache. Il faut survivre au froid et à l'enfer des tranchées

LA CAPOTE POIRET

En 1915, l'état-major adopte un bottonnage croisé sur les capotes. Ainsi les soldats sont mieux protégés du froid, et des poches sont ajoutées au niveau des hanches pour porter plus de munitions.

LE PANTALON

En juillet 1914 un drap gris remplace le pantalon «garance». Obtenu à partir d'un mélange de fils bleus, blancs et rouges, les autorités militaires veulent en faire un uniforme tricolore. Mais le colorant rouge, l'alizarine fabriqué en Allemagne, n'est plus importé. Ainsi on se contente, en décembre 1914, pour la réforme de l'uniforme, d'un drap en fils bleu foncé, bleu clair et blanc, couleur «bleu horizon», qui va devenir le symbole du poilu de 14-18 et de la guerre de tranchées. Les bandes molletières en tissu compensent la pénurie de cuir. La réforme du bleu horizon est adoptée en décembre 1914. Les premiers uniformes arrivent au début 1915, mais l'armée ne sera entièrement équipée qu'à partir de 1916. Les efforts pour adapter l'uniforme et l'équipement à la guerre de position dont personne n'avait imaginé l'ampleur ont mis du temps à être effectifs et ont été le résultat d'initiatives individuelles relayées par le commandement.



UNE TRANCÉE RAVAGÉE

A l'opposé de la vision d'Ernst Jünger, cette eau-forte d'Otto Dix *Tranchée de combat*, montre un enchevêtrement de corps et d'âmes de métal.

“Quelles magnifiques positions c'étaient là !”

Les tranchées allemandes

Contrairement aux tranchées françaises, les tranchées allemandes avaient la réputation d'être confortables et bien entretenues. Voici le témoignage d'Ernst Jünger dans *Le Boqueteau 125 - Chronique des combats de tranchées*, 1918 (trad. Th. Lacaze, éd. du Porte-Glaivre, 2003). Ernst Jünger est un Allemand engagé volontaire, qui se retrouve avec le grade de lieutenant en première ligne.

«Quelles magnifiques positions c'étaient là ! Avec leurs couloirs couverts, longs et confortables comme un roman de Dickens et d'où, vers la droite et vers la gauche, se détachaient les dortoirs, les magasins de

munitions, les sorties transversales ! Nous pouvions nous y mouvoir dans tout le secteur à la manière des taupes, sans jamais monter à la surface. A Mouchy je disposais, à côté d'un abri commode pour journées calmes où une large cheminée me projetait la lumière du jour exactement au milieu de mon bureau, d'une demeure souterraine accessible par quarante marches creusées dans la craie, de sorte que les plus gros calibres, à cette profondeur, se faisaient à peine remarquer sous forme de secousses agréables, pendant que nous faisons nos interminables parties de cartes. Je m'étais fait creuser dans une de ses parois

une couche majestueuse comme un lit clos de paysans westphaliens ; j'y dormais dans la pierre crayeuse, à l'abri de tout bruit, entouré d'épaisses planches de chêne. Une lampe électrique pendait à la tête de ce lit, ce qui me permettait de lire à mon aise ; les murs étaient ornés d'images en couleurs de la revue *Jugend* et le tout, grâce à un rideau rouge foncé dont les anneaux glissaient le long d'une tringle fixée au plafond, s'isolait complètement du monde extérieur. Aux visiteurs du dehors, ce lit était présenté avec accompagnement de plaisanteries appropriées, comme le comble du sybaritisme. Je pouvais alors, protégé par des barbelés de cinquante mètres de profondeur, m'endormir en pyjama, et le pistolet automatique disposé à portée de la main auprès de l'étui à cigarettes ne servait que lorsque, pour rompre l'ennui, j'allais faire une patrouille. C'était le beau temps !» ■



LES EAUX-FORTES D'OTTO DIX

Otto Dix est lui aussi engagé volontaire dans l'armée allemande. Il a 24 ans et sort des Beaux-Arts. Carnet de croquis à la main, il dessine tout ce qu'il voit et, de retour de la guerre, réalise un cycle de 50 eaux-fortes intitulé *Der Krieg* édité en 70 exemplaires. La quasi-totalité a été détruite par les nazis mais l'Historial en possède un. Antimilitariste, il propose une vision apocalyptique de la guerre, une guerre sans héros et dont il dénonce la sauvagerie destructrice. Ces deux dessins contrastent avec la vision idyllique que livre Ernst Jünger des tranchées, une façon peut-être de mettre à distance une réalité insoutenable.

SOURCES



ARCHIVES MUNICIPALES

Jacqueline Lemen nous a accueillis aux Archives municipales de Gennevilliers dont elle est responsable. Nous y avons consulté le registre des mobilisés de 1914 et observé des photographies de jeunes Gennevillois en tenue de fantassin, comme celle de Rémond Marin dans le parc de l'ancien château de Gennevilliers, en août 1914. Près de 700 Gennevillois ont trouvé la mort entre août 1914 et novembre 1918.

MUSÉE DE L'ARMÉE AUX INVALIDES

Le musée de l'Armée se trouve dans un monument à vocation militaire, l'hôtel des Invalides, fondé par Louis XIV à la fin du XVII^e siècle. C'est aujourd'hui un lieu de mémoire et d'histoire, et un hôpital. Les armes des collections du département contemporain traduisent la brutalité de la guerre, alors que certains des objets personnels exposés restituent une dimension émouvante au conflit. Nous y avons vu des uniformes des militaires de l'infanterie française.

HISTORIAL DE PERONNE

Situé dans la Somme, l'Historial de la Grande Guerre joue depuis sa création, en 1992, un rôle important dans l'historiographie du premier conflit mondial. Ce musée est reconnu pour ses collections diverses

rassemblant plus de 70 000 objets quotidiens, des témoignages des poilus, des objets de l'artisanat de tranchées, des uniformes ainsi que des tableaux.

BDIC (LÉGENDE)

L'origine de la BDIC, Bibliothèque de documentation internationale contemporaine, remonte à 1914 quand Louise et Henri Leblanc, un couple d'industriels parisiens ont décidé de collecter tous les documents possibles sur le début du conflit. De nos jours, c'est la seule institution en France à collecter, conserver et communiquer des documents sur toute l'Histoire contemporaine européenne. Aldo Battaglia, historien de la Première Guerre mondiale, nous y a raconté l'origine des journaux de tranchées et nous en présentés plusieurs exemplaires.

LES TÉMOIGNAGES DES SOLDATS

Les journaux de tranchées ont permis aux soldats de transcender la réalité des tranchées, de se l'approprier par la dérision. Les poilus cherchaient à lutter contre l'ennui au front, l'absence de nouvelles et la démoralisation. Nous avons appris à la BDIC que le haut commandement avait autorisé leur parution car ils remontaient le moral des troupes. Des journaux les plus modestes écrits à la main à ceux composés au plomb et imprimés à l'arrière, le trait commun est l'humour et l'utilisation d'un langage fleuri, l'argot des tranchées.



DES COULEURS ET DES MURS

Parois de nos grottes préhistoriques, temples et cathédrales, villes d'aujourd'hui... Nous avons toujours dessiné sur les murs. L'histoire de ces décors reste liée à celle des pigments qui les ont accompagnés. Une histoire... haute en couleurs.

PAR FIRDAWS ET BAYA

PRÉHISTOIRE

Des artistes au charbon !

Moins connue du public que sa célèbre cousine de Lascaux en Dordogne (17 000 ans avant notre ère), la grotte de Chauvet en Ardèche est pourtant la plus ancienne arborant des décors de peintures préhistoriques. Ses meutes de lions et autres troupes de chevaux remontent à 32 000 ans avant notre ère. Véritable chef-d'œuvre de l'art pariétal, ses dessins sont essentiellement exécutés à base de noir de

charbon d'origine minérale, mais aussi végétale et animale (obtenu par calcination de bois et d'os). À côté de ces pigments noirs, les artistes de la préhistoire disposaient d'une palette relativement réduite, composée de quelques ocres naturelles comme l'hématite. Le premier pigment de synthèse rouge fera son apparition lorsque les premiers hommes auront l'idée de chauffer de la goethite (roche minérale jaune) pour en faire des cristaux d'hématite. ■

MEUTE DE LIONS

Les artistes qui ont réalisé cette fresque pariétale ne sont pas allés bien loin pour trouver des pigments. Ils ont ramassé du noir de charbon dans un foyer éteint, et l'ocre à même le sol.

ANTIQUITÉ



Des pierres à la couleur

Ce qui frappe le visiteur du temple d'Hatchepsout à Deir Al Bahari, c'est le contraste entre la monotonie du paysage désertique à l'extérieur et la profusion de couleurs à l'intérieur du temple. La déesse Nekhbet, entre autres, y déploie une parure de plumes bleues et vertes du plus bel effet. C'est l'époque où des pierres semi-précieuses comme le lapis-lazuli et le saphir, la cornaline ou encore la malachite donnent des pigments bleus, rouges et verts, sans oublier l'orpiment et ses reflets jaune doré. Mais le plus emblématique des pigments de cette époque reste le bleu égyptien.

L'ÉGYPTE ET LES COULEURS

Cette gravure de la déesse égyptienne Nekhbet est le premier exemple d'utilisation de bleu, à l'aube de l'Antiquité.



DU BLEU PLEIN LES YEUX

Le bleu et le vert égyptiens, en réalité un bleu foncé et un bleu turquoise, sont les premiers pigments fabriqués. Vitruve et Pline sont les premiers à évoquer leur fabrication.

Bleu égyptien, le secret enfin révélé

C'est sous le nom de «khesbedjiry» que le bleu égyptien apparaît sous la V^e dynastie (2500 ans avant notre ère). Son nom signifie «lapis-lazuli fabriqué». Cette étymologie laisse à penser que ce pigment n'est pas le fruit d'une découverte fortuite mais de la volonté de reproduire cette teinte à moindre frais. Après avoir été largement employé en Egypte puis dans l'empire romain jusqu'au VII^e siècle, il disparaît au Moyen Âge avec son secret de fabrication. Il faudra attendre le XX^e siècle pour que des chimistes français découvrent à nouveau son procédé de fabrication, dont sont issus le bleu et le vert égyptiens. ■

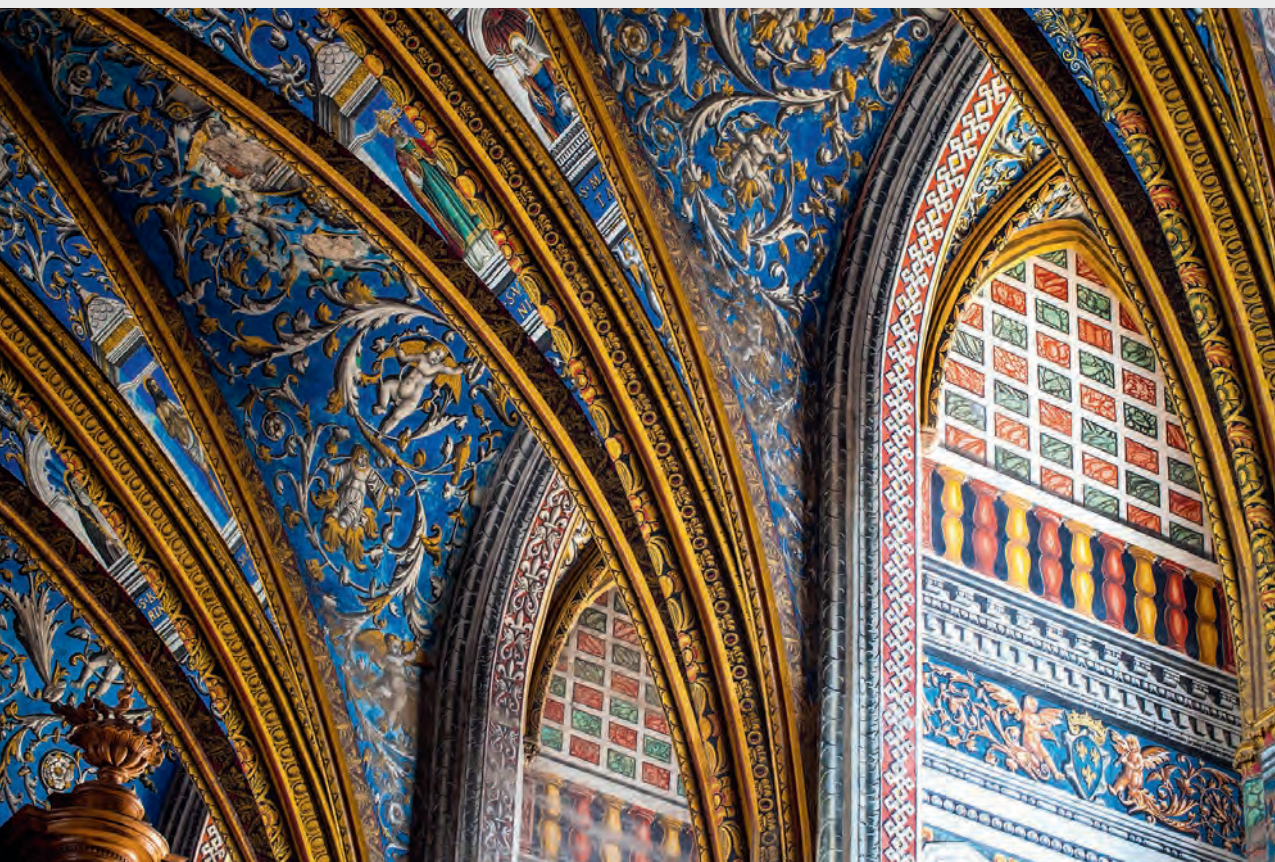
MOYEN ÂGE ET RENAISSANCE

Quand la foi s'affiche en couleurs

C'est l'époque des grands édifices religieux en Europe, à l'image de la cathédrale Sainte-Cécile d'Albi. Pour y sublimer une foi omniprésente, les artistes peintres disposent alors d'une palette bien plus riche de celle de leurs homologues d'Égypte. Héritage d'un millénaire de savoir-faire, de recettes obtenues au gré d'échanges commerciaux et culturels. C'est une époque où on mélange, on chauffe, on expérimente et, surtout, on (ré)invente la couleur. Le bleu outremer tiré du lapis-lazuli est considéré comme le roi des pigments. Le cinabre (ou sa forme de synthèse, le vermillon) relègue les ocres rouges au second plan.

UNE PALETTE DIVERSIFIÉE

Les fresques de la cathédrale Sainte-Cécile d'Albi, achevée en 1390, sont en bon état de conservation grâce à l'utilisation de pigments de qualité.



LE JUGEMENT DE MICHEL-ANGE

L'indice de réfraction élevé du jaune de plomb et d'étain permet de créer des ciels lumineux. Il est très utilisé par les peintres, du XIV^e au XVIII^e siècles.



L'œuvre lumineuse du souverain des ombres

Michel-Ange a la soixantaine quand il entame *Le Jugement dernier*. Celui que l'on surnomme le «terrible souverain de l'ombre» exécute un chef-d'œuvre étonnant de luminosité. Une récente restauration a mis au jour une palette de couleurs inspirée par le maniérisme, faite de bleu azur, de jaune citron et de vert acide, et où le rose pastel côtoie le mauve. C'est la Renaissance, époque où les villes italiennes se

spécialisent dans le commerce des pigments. Il est minéral comme le cinabre et le réalgar, végétal comme les laques de nerprun ou de garance ou encore animal comme le pourpre du murex ou le carmin des cochenilles. Enfin, on le fabrique dans d'innombrables ateliers. Mais derrière cette activité au résultat chatoyant se cache une triste réalité. Les ingrédients tels que l'arsenic et le plomb, des produits hautement toxiques, font de nombreuses victimes parmi ces faiseurs de couleurs. ■

L'INDUSTRIE ALLEMANDE DU PIGMENT

L'usine BASF à Ludwigshafen est un des symboles de la domination allemande sur l'industrie des pigments en Europe.



Et si industrie ne rimait pas forcément avec gris ?

Aux XVIII^e et XIX^e siècles, on ne peut plus se permettre de dépenser sans compter, surtout que certains pigments sont hors de prix. Les chimistes se fixent comme objectif de mettre au point des pigments à prix raisonnable, à base de goudron. Ce résidu, issu de la fabrication du gaz d'éclairage, servira, entre autres, à produire de l'aniline. Le chimiste anglais William Perkin s'en servira pour synthétiser fortuitement la mauvéine et le français Emmanuel Verguin la fuchsine. Mais ce sont bien les Allemands qui domineront le marché des colorants industriels jusqu'à la Première Guerre mondiale grâce aux travaux d'August Wilhelm Hofmann. On leur doit la synthèse de l'alizarine et surtout celle de l'indigo, extraits jusqu'alors respectivement de la garance du Vaucluse et du pastel de Provence.

JEAN CLOTTE/MINISTÈRE DE LA CULTURE (14)

Le muralisme

Grâce aux colorants issus de la chimie organique, les artistes disposent aujourd'hui d'une palette aux centaines de nuances, réalisées à base de pétrole et ses dérivés. Les chimistes sont aujourd'hui capables de produire de très fines nuances pigmentaires, sources d'inspiration pour de nouvelles tendances artistiques. C'est ainsi qu'on peut admirer à travers les travaux de Chagall ou du muraliste Diego Rivera des œuvres dignes des premiers artistes de Lascaux. ■

RIVERA ET LE MURALISME

En 1932, en pleine crise économique, l'artiste mexicain Diego Rivera dénonce l'asservissement de l'homme par le travail industriel.



CHAGALL A L'OPÉRA

A la demande de Malraux, ministre de la Culture, Chagall peint en 1964 le plafond de l'Opéra de Paris. Il évoque l'histoire des arts de l'opéra et de la danse ainsi que de compositeurs marquants des arts lyriques.

DE LA RÉVOLUTION INDUSTRIELLE À NOS JOURS

LA LAINE A-T-ELLE LA FIBRE POUR LES COLORANTS ?

La Manufacture des Gobelins est un lieu incontournable pour la teinture de la tapisserie. Pour maîtriser l'art de teindre des fibres de laine, nous avons choisi de faire appel à leur savoir-faire technique et scientifique.

PAR NAOMIE, ANNISSA, BAYA, CHLOÉ, MATHIEU ET LA CLASSE DE 1ERE PCL



TAPISSERIE DES Gobelins
Visite de Louis XIV à la Manufacture des Gobelins, le 15 octobre 1667. Au premier plan, les différents corps de métiers. Louis XIV est accompagné de son ministre Colbert et mis en valeur par la couleur rouge et l'effet de vide créé à ses pieds. (Tapisserie des Gobelins, d'après Charles Lebrun.)

L'histoire de la Manufacture nationale des Gobelins remonte au XV^e siècle. C'est dans le quartier Saint-Marcel, à Paris, que Jean Gobelin crée son atelier de teinture en 1443. Il devient rapidement un expert dans la teinture des laines rouge écarlate. Henri IV souhaite créer à Paris un atelier royal de tapisserie. Il installe des artisans, dont deux tapissiers flamands, dans le bâtiment des Gobelins.

La naissance des Gobelins
Sous l'impulsion de Colbert, devenu contrôleur général des finances de Louis XIV, la Manufacture des Gobe-

lins est transformée en 1667 en «Manufacture royale des meubles de la Couronne», sous la direction du peintre Charles Lebrun. Colbert y regroupe divers corps de métiers : les tapissiers y côtoient peintres et orfèvres, et les Gobelins acquièrent vite une reconnaissance internationale dans la réalisation de tapisseries inspirées d'œuvres de grands artistes afin de décorer des édifices nationaux. Leur prestige est d'ailleurs tel que le nom devient synonyme de tapisseries françaises dans plusieurs langues européennes, inscrivant l'entreprise dans le temps long d'une monarchie triomphante. En 1824, Louis XVIII nomme Michel-Eugène Chevreul directeur de la

Manufacture des Gobelins. Ce professeur de chimie et chercheur constate que les teintures ne donnent pas toujours les couleurs attendues. Il montre que, d'une part certains colorants sont chimiquement instables, et que d'autre part, le rendu d'une couleur dépend des couleurs qui l'entourent. Chevreul rédige *De la loi du contraste simultané des couleurs*, un traité très utilisé par les peintres impressionnistes et leurs contemporains.

Notre expert en teinture
Pour bien comprendre ces notions, nous avons rencontré à la Manufacture des Gobelins un expert de la teinture de la laine, Francis Trivier. Il dirige l'atelier de teinture depuis 2001. En 1977, il obtient un brevet de technicien en teinturerie-blanchisserie, devient apprenti compagnon teinturier pendant deux ans, puis compagnon pendant quinze ans. En 1996, il est promu au titre de

Portrait de Chevreul
Professeur de chimie et directeur de la Manufacture de Gobelins entre 1824 et 1884.



ÉCHEVEAUX DE LAINE
Sur ces rondins en bois se déroule la phase de séchage.



Aux Gobelins, on fabrique aussi les tapisseries contemporaines

sous-chef de l'atelier de teinture et en devient le responsable en 2001. Le travail de Francis Trivier consiste à réaliser avec son équipe des teintures d'écheveaux de laine pour des commandes nationales et internationales de tapisseries. Les œuvres sont de diverses natures. «Mon projet le plus passionnant a été néanmoins la réalisation d'une série de neuf tapisseries et sept entre-fenêtres pour la reine du Danemark. Cela représentait 220 m² de tissage, 750 bains de teinture, soit neuf ans de travail.»

Notre chimiste des fibres
Pour mieux appréhender les phénomènes physico-chimique de la teinture, nous avons rencontré une chimiste de choc, Frédérique Salpin. Elle est médiatrice au palais de la Découverte depuis dix ans. Après un bac S, elle a poursuivi une licence, puis un master en chimie. Elle a ensuite effectué une thèse à l'uni-

versité Pierre-et-Marie-Curie en collaboration avec l'atelier de teinture de la Manufacture des Gobelins (*Laine et colorants : fixation, quantification et vieillissement. Etude par spectro-métrie Raman.*) «Je voulais travailler dans le monde de la préservation du patrimoine et employer la chimie dans ce sens ; le stage de master 2 m'a mis le pied à l'étrier.» Son travail au palais de la Découverte consiste à présenter des exposés, à rédiger des articles, à concevoir des expositions, à former des professeurs. Frédérique Salpin est passionnée de chimie et s'enthousiasme : «mélanger, chauffer, séparer, observer des changements de couleurs, expérimenter... la chimie est partout.» ■

FRÉDÉRIQUE SALPIN
Docteur en chimie et médiatrice au palais de la Découverte. Exposé sur les matières colorantes.



FRANCIS TRIVIER
Responsable de l'atelier de teinture de la Manufacture des Gobelins depuis 2001.



Les uniformes des soldats de la Première Guerre mondiale étaient en laine. Pour comprendre les processus mis en jeu dans la teinture de ce matériau, il est indispensable d'en connaître la composition chimique.



LE COTON
Les fibres de coton sont extraites des fruits des cotonniers, plantes cultivées en zones subtropicale et tropicale.



LA SOIE
Cocon produit par le ver à soie du bombyx du mûrier. La soie est une fibre naturelle d'origine animale.



LE LIN
Les fibres de lin proviennent de la tige de la fleur de lin, cultivée en zone tempérée.

Les fibres textiles

Les fibres sont les constituants élémentaires des textiles.

On distingue les fibres naturelles, qui proviennent de végétaux ou d'animaux, et les fibres synthétiques, qui sont fabriquées au laboratoire de chimie.

Les caractéristiques d'un textile sont directement liées à la composition chimique des fibres. C'est la nature et l'assemblage des atomes qui influent sur les propriétés des tissus et leur aptitude à fixer des matières colorantes.

Les fibres naturelles

L'industrie utilise principalement quatre fibres textiles naturelles : le coton, le lin, la laine et la soie. Beaucoup de végétaux se prêtent à l'extraction de fibres, que ce soit à partir des tiges (lin, jute, chanvre), des feuilles (sisal), des graines (coton, kapok) ou encore des fruits (noix de coco). Mais seuls le coton et le lin se sont imposés car leurs fibres sont plus fines que celles des autres végétaux. Quant aux fibres d'origine animale, elles peuvent provenir de la toison de différents mammifères (poils de mouton, chèvre, chameau, alpaga, lapin), mais aussi de la bave du ver à soie (bombyx du mûrier).

Les fibres semi-synthétiques

Les fibres semi-synthétiques sont fabriquées au laboratoire à partir de fibres naturelles. La cellulose issue du coton est transformée en viscose ou en acétate de cellulose. Les fibres de viscose sont blanches et brillantes, peu froissables, et se teignent aisément. Les textiles en acétate de cellulose sont souples, doux, d'un aspect soyeux, qui rappelle la soie naturelle. Ils entrent dans la confection des cravates et des doublures des vêtements.

Les fibres synthétiques

En créant les fibres synthétiques (Nylon, Tergal ou Kevlar par exemple), les chimistes ont cherché à reproduire les propriétés des fibres naturelles. On distingue quatre grandes familles : les «polyamides», les «polyesters», les «polyvinyliques» et les «polyacryliques». Ces fibres fabriquées en laboratoire sont plus solides et résistent généralement mieux à l'usure.



MOUTON MÉRINOS
Le mouton mérinos produit une laine de très bonne qualité.

La laine

La laine appartient à la famille des fibres textiles d'origine animale. Elle contient des protéines, assemblages d'acides aminés. On produit chaque année 2,1 millions de tonnes de laine, dont près de la moitié issus des moutons mérinos.

«The Merino is one of the most famous sheep breed and is very well known for the quality of its wool. The Merino sheep originally comes from Turkey and Castile — Central Spain — and its history dates back to the Middle Ages. At the time, its wool was already highly valued. Since then, the reputation of the Merino has not changed. It is indeed still praised for producing some of the finest and softest wool. Poll Merinos have no horns (or very small stubs — a.k.a scurs) whereas Merino rams have long, spiral horns, which grow close to the head.»

La fibre de laine a une structure microscopique très proche de celle du cheveu : elle appartient à la famille des kératines. A l'extérieur, les cellules de la cuticule ressemblent à des écailles de poisson : elles représentent 10 % de la masse de la fibre. A l'intérieur de la fibre, on trouve le cortex qui contient des cellules corticales contenant des bruns, dont chacun contient des filaments. On trouve au centre de la fibre, à l'échelle du nanomètre, un filament constitué de protéines. Les protéines sont des assemblages d'acides aminés, caractérisés par des fonctions amides R-CO-NH-R' (appelées également liaisons peptidiques). Dans la fibre de laine, on trouve des groupements carboxylates (-COO⁻) et ammonium (-NH₃⁺). On peut symboliser cette protéine sous la forme ⁺H₃N-W-COO⁻. ■

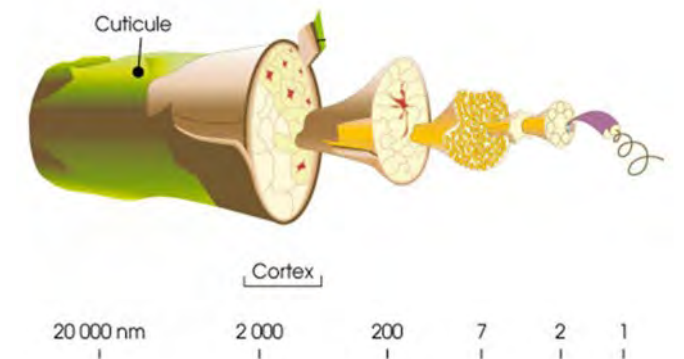
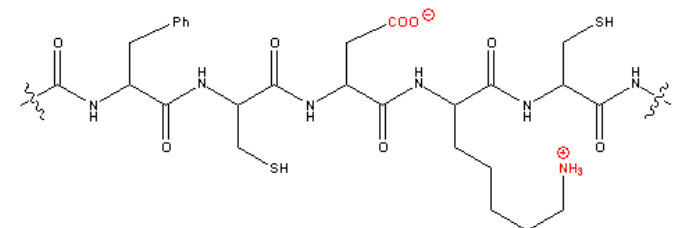


SCHÉMA D'UNE FIBRE DE LAINE

Lorsqu'on entre au centre de la structure de la laine, à l'échelle du nanomètre, on trouve des protéines (assemblage d'acides aminés).



PROTÉINE D'UNE FIBRE DE LAINE

On repère la présence des groupements carboxylates (-COO⁻) et ammonium (-NH₃⁺). On peut symboliser cette protéine sous la forme ⁺H₃N-W-COO⁻.

Les élèves ont créé leur propre protocole de teinture de la laine

Les fibres de laine sont constituées de protéines animales. Quel type de colorant peut se fixer sur ces fibres et dans quelles conditions opératoires? Nous avons mis en œuvre une démarche scientifique afin d'élaborer un protocole de teinture de la laine.

La teinture de la laine est un procédé dont nous n'avons pas mesuré toute la difficulté. Nos premiers essais ont été très aléatoires: des colorants synthétiques, naturels, de l'eau froide, tiède ou chaude, en agitant ou non la laine, avec ou sans mordant (fixateur de colorant). Certains colorants se sont imprégnés rapidement, avec la teinte attendue, d'autres ont disparu au premier rinçage à l'eau froide.

Beaucoup de paramètres interviennent dans la teinture, il a fallu les faire varier un par un. Le colorant rose rhodamine nous a donné de bons résultats dès les premiers essais. Il nous a ainsi permis d'ajuster certains paramètres physico-chimiques pour réussir une teinture des fibres de laine:

- Le bain d'eau chaude fixe mieux la laine que le bain d'eau froide.
- Quand on agite la laine avec une tige en verre, elle a tendance à feutrer, nous avons donc préconisé l'absence d'agitation.
- Un traitement préalable de la laine blanche avec de l'alun de fer (mordantage) n'apporte pas de valeur ajoutée à la qualité de la teinture.

Ces résultats sont empiriques, ils découlent de multiples essais. Comment peut-on généraliser ce travail: quel type de colorant se fixe sur la laine et dans quelles conditions opératoires ? Nous avons rencontré nos experts Frédérique Salpin et Francis Trivier. A la Manufacture des Gobelins, Monsieur Trivier travaille

LAINE BLANCHE "BERGÈRE DE FRANCE®"

La matière première est une laine blanc cassé. 150 pelotes ont été achetées pour réaliser ce projet.



avec trois couleurs (teinture en trichromie) et arrive à recréer toutes les teintes pour les commandes de tapisseries. Il utilise les colorants «bleu Tectilon 6G», «rouge Tectilon 4B», «jaune Tectilon 2G». Ces trois colorants sont des composés organiques car ils contiennent des atomes de carbone et d'hydrogène. On peut remarquer qu'il existe des liaisons doubles et des liaisons simples alternées: on parle de liaisons doubles conjuguées. En chimie organique, un composé coloré contient nécessairement des liaisons doubles conjuguées. Enfin, on note la présence de groupements $R-SO_3^-$, appelés sulfonate (base conjuguée de l'acide sulfonique $R-SO_3H$). Ces colorants sont dits acides car ils se fixent sur les fibres de laine en milieu acide.

Frédérique Salpin nous explique que la structure chimique de la laine dépend du pH. Si $pH < 4$ les protéines



ESSAIS DE TEINTURES

Divers colorants ont été testés dans plusieurs conditions expérimentales.

sont majoritairement sous forme cationique $NH_3^+-W-COOH$. Les colorants utilisés étant anioniques (avec la présence des groupements $R-SO_3^-$), ils se fixeront d'autant mieux sur la laine si les protéines des fibres sont chargées positivement. En effet les liaisons ioniques sont attractives si elles mettent en jeu un cation et un anion.

Francis Trivier élabore des bains de teinture à $pH = 4$ à ébullition, en présence de sulfate de sodium. S'il n'abaisse pas davantage le pH , c'est pour préserver les fibres de laine qui se détériorent en milieu trop acide. Il chauffe à ébullition car, à haute température, les cuticules (écailles de la fibre) s'ouvrent et permettent au colorant de mieux pénétrer jusqu'au centre de la fibre. Enfin, le sulfate de sodium est un agent d'unisson, il rend les teintures plus homogènes. ■



BAINS DE TEINTURE BLEUE
Les solutions sont portées à ébullition sur des plaques chauffantes.



TEINTURE DE LA LAINE AVEC LA RHODAMINE

Le colorant rose rhodamine a permis d'optimiser les conditions opératoires de teinture.

PROTOCOLE DE TEINTURE

Après tous ces conseils, nous avons mis au point un protocole de teinture.

PRÉPARATION DES BAINS DE TEINTURE

Solution mère (la plus concentrée): dans un cristalliseur, dissoudre 1 g de colorant dans 300 ml d'eau (0,3 %), ajouter quelques gouttes d'acide sulfurique concentré jusqu'à atteindre un pH compris entre 3,5 et 4,5 (utiliser une sonde pour mesurer le pH). Verser 2 g de sulfate de sodium puis porter le mélange à ébullition.

Solution diluée au 1/10^{ème}: prélever 30 ml de la solution mère, la verser dans un autre cristalliseur, puis compléter avec 270 ml d'eau. Ajuster le pH et ajouter l'agent d'unisson comme précédemment. On peut ainsi préparer plusieurs bains de teinture jusqu'à ce que la teinte soit très claire: 0,3 %, 0,03 %, 0,003 %... 7 bains ont été réalisés.

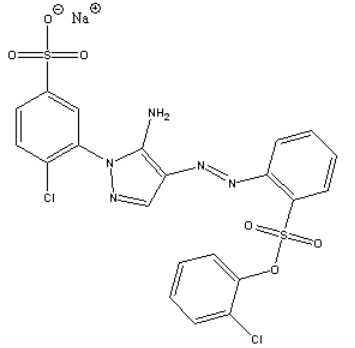
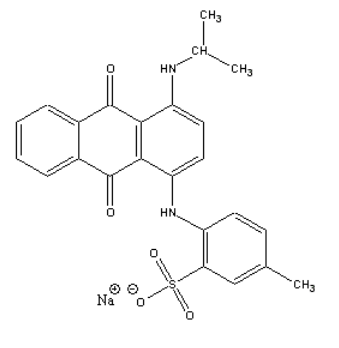
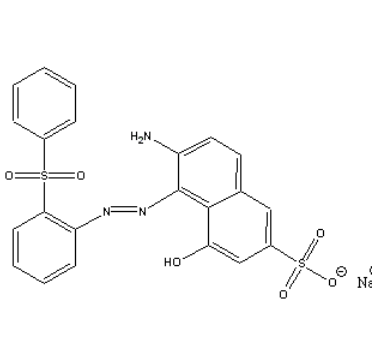
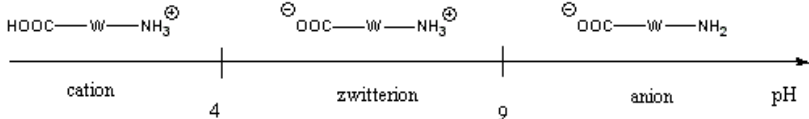
TEINTURE DE LA LAINE

Plonger les fils de laine (100 g maximum) dans le bain bouillant de teinture pendant 1 h. Ne pas agiter. Les sortir du bain, puis laisser sécher toute la nuit sur les robinets.



SÉCHAGE DE LAINES BLEUES

Après avoir été plongés pendant 1 h dans un bain de teinture à $98^\circ C$, les fils de laine séchent toute la nuit. Ils ne sont pas rincés pour leur éviter de feutrer sous l'effet du choc thermique.

 COLORANT JAUNE «TECTILON 2G» Colorant azoïque caractérisé par une liaison double N=N.	 COLORANTS BLEU «TECTILON 6G» Colorant appartenant à la famille des anthraquinone.	 COLORANT ROUGE «TECTILON 4B» Colorant azoïque caractérisé par une liaison double N=N.
 STRUCTURE CHIMIQUE DES PROTÉINES DE LA FIBRE DE LAINE EN FONCTION DU PH A pH < 4, la fibre est cationique et peut ainsi fixer un colorant anionique.		



TRESSES EN LUMIÈRE
Quelques teintes de la collection printemps-été 2014.



ÉCHANTILLONS DE TEINTURES
Plus de 200 coloris ont été conçus au laboratoire de chimie.

Bienvenue dans la collection printemps-été 2014, qui sera présentée dans le hall du lycée Galilée le 19 juin 2014 à partir de 18 h 30

Afin d'illustrer notre savoir-faire en teinture, nous avons créé une échelle de teintes. Un code couleur identifie chaque ton et permet de reproduire la teinte à l'identique. Pour cette collection, une gamme de coloris est proposée avec un codage RJB. Deux cent tresses de laines ont été teintées avec deux cent tons différents. Nous tenons à garder les secrets de certaines couleurs tant elles ont été difficiles à obtenir.

Chaque bain de teinture de solution mère a été décliné par dilution en 7 teintes (on attribue le chiffre «1» pour la plus foncée et «7» pour la plus claire).

La gamme «monochrome LG14®» est décrite par les trois séries R1 à R7 (rouge); J1 à J7 (jaune) et B1 à B7 (bleu).

La gamme «dichrome LG14®»: trois séries RJ (rouge + jaune), RB (rouge + bleu), et BJ (bleu + jaune). Dans la gamme BJ, on précise B1J9 lorsqu'on a mélangé le bleu et le jaune avec un rapport massique 1 pour 9 en colorant.

La gamme «trichrome LG14®»: série RJB (rouge + jaune + bleu). On présente la teinte R8J1B1 avec les proportions massiques 8/1/1 en rouge / jaune / bleu. Un client désirant acheter une tresse n'aura pas accès à ces codes. Ils sont tenus secrets, afin d'éviter toute concurrence commerciale. Ces codes nous permettront de reproduire la teinte demandée. ■



ATELIER DE TRESSAGE
La réalisation des tresses nécessite beaucoup d'application. Elles sont calibrées.



ÉCHELLE DE TEINTE
Les élèves de 1^{re} PCL contrôlent les coloris et le tressage.

DES TRESSSES SANS STRESS

Les tresses de laine teintes au laboratoire de chimie ont inspiré Romain Attal, médiateur au palais de la Découverte. Les tresses sont pour lui des objets géométriques, algébriques... voire poétiques.

PAR ROMAIN ATTAL, AVEC LA CLASSE DE 1^{RE} PCL

Les nœuds et les tresses sont connus des marins et des coiffeurs depuis des millénaires, mais ce n'est qu'au XIX^e siècle que les mathématiciens ont tenté de classer ces objets pour mieux les comprendre. Les progrès réalisés en théorie des nœuds à la fin du XX^e siècle doivent beaucoup à l'interprétation des tresses en termes d'objets algébriques. Un nœud est une courbe fermée plongée dans l'espace à trois dimensions. Dans un espace ambiant de dimension supérieure à trois, toutes ces courbes peuvent être déformées en un cercle. Les courbes nouées n'existent donc qu'en dimension trois. Une première façon de classer les nœuds consiste à les projeter sur un plan pour obtenir un dessin avec le moins de croisements possibles et à dresser une liste de ces diagrammes. La table suivante nous montre les quinze types de nœuds qui ont au plus sept croisements. ■

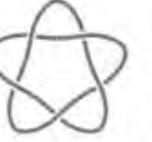
				
Unknot	3 ₁	4 ₁	5 ₁	5 ₂
				
6 ₁	6 ₂	6 ₃	7 ₁	7 ₂
				
7 ₃	7 ₄	7 ₅	7 ₆	7 ₇

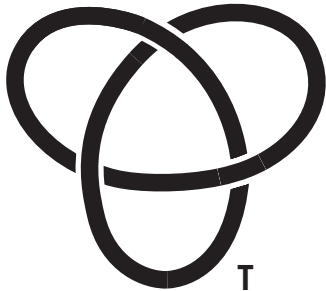
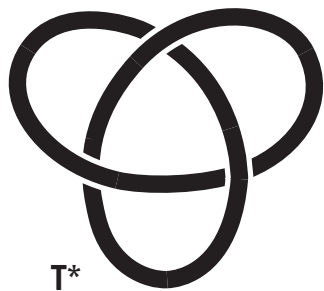
Table de nœuds contenant 7 croisements au maximum.

Cette liste de nœuds semble arbitraire et ne nous éclaire pas sur l'infinité des nœuds possibles. Pour les classer tous, il nous faut les indexer par des objets algébriques plus fins que de simples nombres entiers. En 1928, James Alexander a donné une méthode qui associe à chaque nœud un polynôme qui ne change pas lorsqu'on déforme le nœud dans l'espace tridimensionnel. On parle de «polynôme invariant». Malheureusement, il se peut que des nœuds différents aient le même polynôme d'Alexander. C'est le cas du trèfle, T, et de son image miroir, T*, qui ont le même polynôme d'Alexander ($P(x)=1+x^2$ pour ces deux nœuds).



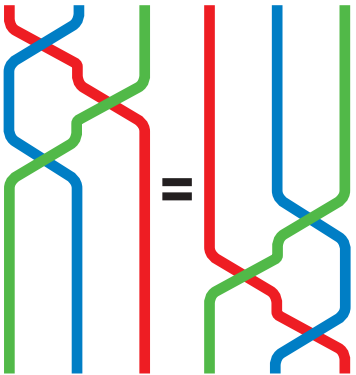
Entrelac borroméen Trois cercles solidaires non enlacés deux à deux.

Un ensemble de nœuds, éventuellement enlacés, est appelé un entrelac. Un des plus connus est l'entrelac borroméen, formé de trois cercles solidaires sans être enlacés deux à deux.



Trèfle droit (T) et trèfle gauche (T)* Ils sont images l'un de l'autre dans un miroir et non superposables.

Pour fabriquer des entrelacs on peut tresser des ficelles et relier chaque brin du bas avec un brin du haut. Il se trouve que l'on peut ainsi construire tous les entrelacs et tous les nœuds. La théorie des nœuds est donc entièrement contenue dans la théorie des tresses. L'atelier de plasturgie du palais de la Découverte a fabriqué une machine très simple pour illustrer la théorie mathématique des tresses. Les ficelles partent des bobines du bas, s'enlacent en montant, puis s'arrêtent dans les trous de la première réglette. De même aux deux étages suivants. Les trois étages, identiques, permettent de composer verticalement des tresses, de 1 à 7 brins. Les tresses usuelles n'ont que 3 brins mais on peut en imaginer avec autant de brins que l'on désire. On doit à Emil Artin (1947) la définition algébrique des tresses. Cette démarche d'abstraction sera essentielle dans le développement de la théorie.



Relation d'Artin

Les 3 brins de gauche et les 3 brins de droite forment la même tresse.

Cette découverte a révolutionné la théorie des nœuds en faisant le lien avec la physique quantique. En 1988, Edward Witten a redéfini le polynôme de Jones en interprétant les nœuds comme des trajectoires de particules sensibles uniquement à la topologie de l'espace-temps et non à sa géométrie. Depuis cette époque, les liens entre mathématiciens et physiciens théoriciens se sont renforcés. L'histoire des nœuds et des tresses illustre un principe méconnu de l'activité mathématique : on pense géométriquement (avec nos sens), mais on prouve algébriquement (avec le langage et le calcul).



Le métier à tresser Création de l'atelier de plasturgie du palais de la Découverte.

Un exemple de processus met en jeu trois brins tressés de deux façons possibles, mais si on tend les ficelles, on réalise que ces deux processus sont équivalents. On peut aussi voir les tresses comme les chemins suivis dans l'espace-temps par des particules se déplaçant sur une surface horizontale, le temps étant représenté par la dimension verticale. La position et la vitesse de chaque particule ne comptent pas, et seule importe la façon dont leurs lignes d'espace-temps s'entrelacent. En 1984, le mathématicien néo-zélandais Vaughan Jones a fait un petit détour par la théorie des tresses pour définir un nouveau polynôme invariant de nœuds. Le polynôme de Jones, $J(x)$, permet parfois de discerner un nœud de son image miroir. Ainsi, pour le trèfle droit, on a $JT(x) = x+x^3-x^4$ tandis que pour le trèfle gauche, $JT^*(x) = x-1+x-3-x-4 = JT(x-1)$. Le polynôme de Jones discerne donc ces deux nœuds, contrairement au polynôme d'Alexander.



LE PRISME

Ce rai de lumière représente la décomposition de la lumière blanche. Celle-ci est formée par l'addition des trois couleurs primaires, le rouge, le bleu et le vert.

DE LA COULEUR PLEIN LES YEUX

Ils sont là pour vous en faire voir de toutes les couleurs. Vous les trouverez dans les objets du quotidien, dans vos habits et jusque dans vos aliments... Eux, ce sont les colorants. Mais que la couleur soit structurale ou pigmentaire, elle ne peut s'exprimer sans lumière.

PAR GRÉGOIRE ET MAXIME (1^{RE} PCL)

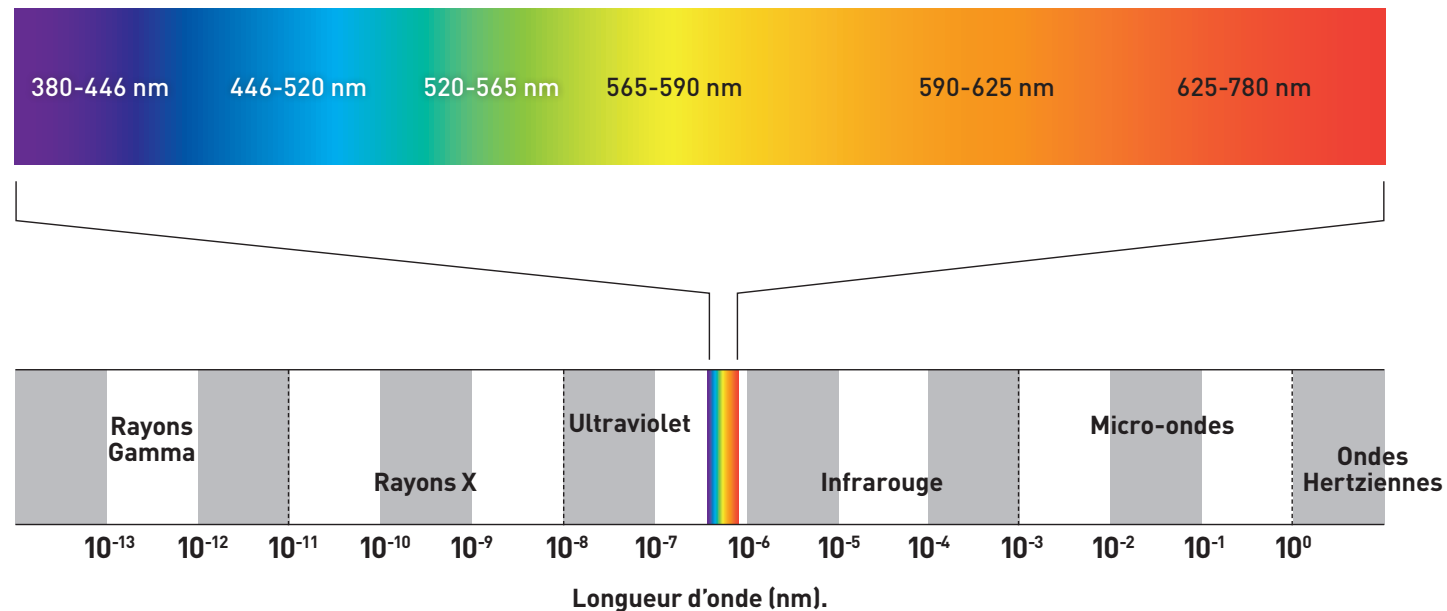
Pour Goethe le poète, les couleurs sont les actions de la lumière, pour Itten le peintre, elles sont les filles de la lumière, mais pour le scientifique, et même si la lumière y joue un rôle déterminant, les couleurs sont aussi une question d'objets et de perception. On définit généralement la lumière comme la propagation d'un phénomène physique appelé rayonnement électromagnétique. Ce dernier peut être modélisé tour à tour soit par des paquets d'ondes, soit par un ensemble de particules appelées photons, chacun servant à expliquer un certain nombre de propriétés physiques liées à ces rayonnements, sans pour autant que l'on puisse se passer de l'un ou l'autre de ces deux modèles. Du point de vue ondulatoire par exemple, la lumière visible pour un œil humain correspond aux rayonnements électromagnétiques de longueur d'onde comprise entre 400 et 800 nanomètres. Chaque longueur d'onde définit un rayonnement monochromatique car elle correspond à une couleur, ou plus précisément, à une nuance donnée. Pour distinguer ces différentes couleurs, les physiciens utilisent un système dispersif, un prisme ou un réseau par exemple, et qui a pour propriété de séparer deux rayonnements de longueurs d'ondes différentes se propageant dans un même faisceau de lumière. Si

on utilise un tel système avec une source de lumière blanche, on obtient une trace lumineuse étalée et en arc-en-ciel correspondant à l'ensemble des longueurs d'onde de la lumière visible, c'est le spectre de la lumière blanche. En réalité, une source de lumière n'émet pas forcément toutes les couleurs et l'aspect d'un spectre dépend de la nature de la source de lumière employée, il peut ne comporter qu'un nombre limité de couleurs, voire une seule nuance de couleur. C'est le cas respectivement pour la lumière issue d'une lampe à économie d'énergie ou celle issue d'un laser. Ainsi, on peut dire que la couleur que nous percevons d'un objet dépend d'abord et avant tout de la lumière qui l'éclaire.

L'objet est un écho

Si une source qui produit la lumière qu'elle émet est une source primaire, un objet est, lui, considéré comme une source secondaire, c'est-à-dire qu'il est visible parce qu'il diffuse dans son espace environnant tout ou partie de la lumière qu'il reçoit d'une source primaire. S'il n'en diffuse qu'une partie, c'est parce qu'il a la capacité d'absorber une certaine gamme de longueurs d'ondes. De la gamme diffusée et de celle absorbée dépend alors la couleur sous laquelle il nous apparaît. En effet, un objet est jaune ou bleu à nos yeux car il diffuse toute la gamme de longueur

Il arrive parfois qu'un simple atome ou groupe d'atomes vienne radicalement changer la couleur d'un pigment.



Position des longueurs d'ondes visibles dans le spectre des rayonnement électromagnétiques.

► d'ondes correspondant à ces couleurs en absorbant toutes les autres. C'est ce que les physiciens appellent la synthèse soustractive. Mais comment ça marche ?

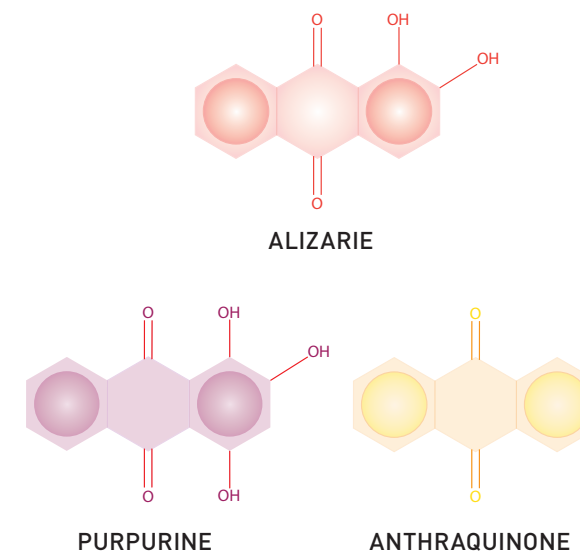
Prenons une page blanche, elle nous apparaît ainsi car elle diffuse toute la gamme d'ondes contenue dans la lumière blanche qui l'éclaire. Regardons maintenant ce qui se passe si nous déposons un filtre transparent de couleur jaune à sa surface. La partie de la page recouverte nous apparaît de couleur jaune car le filtre qui la recouvre absorbe toutes les ondes diffusées par la blancheur du papier, à l'exception de celles correspondant à sa propre couleur, le jaune. Il en est de même avec des filtres de couleur cyan ou magenta. Chaque filtre soustrait donc à la lumière blanche les longueurs d'ondes qui ne correspondent pas à sa couleur. Le mélange des photons absorbés donne une couleur dite complémentaire de celle du filtre. L'ensemble des longueurs d'ondes d'une couleur et de sa complémentaire permet de reconstituer la lumière blanche. Regardons maintenant ce que donne la superposition de deux filtres de couleurs différentes. Dans le cas des

filtres cyan et jaune, on voit apparaître une nouvelle couleur, le vert. Ce vert correspond en fait à la gamme de longueurs d'ondes communes que peuvent diffuser ces deux filtres pris séparément. Si certaines couleurs, comme le vert, peuvent être obtenues par la superposition de différents filtres, d'autres ne peuvent être obtenues qu'avec un filtre unique, ce sont les couleurs primaires. Dans la synthèse soustractive, les couleurs primaires sont le cyan, le magenta et le jaune. La superposition de deux couleurs primaires produit une couleur secondaire, ces couleurs secondaires sont dans ce cas le rouge, le vert et le bleu. Il existe enfin un autre type de synthèse, la synthèse additive, mais ceci c'est une autre histoire...

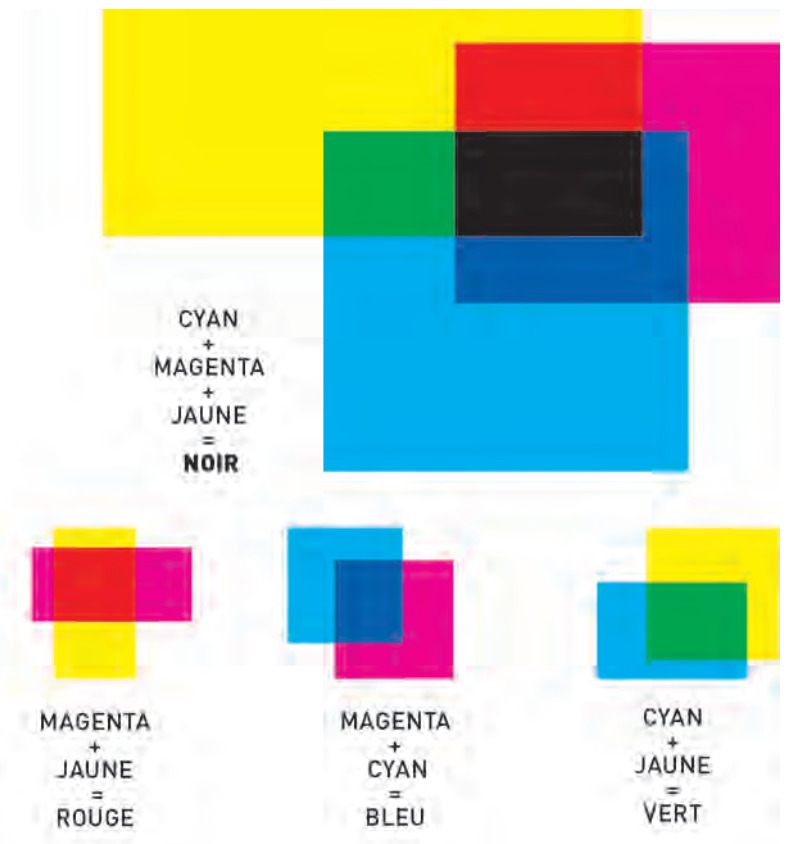
Le colorant est indispensable

Que ce soit pour l'industriel, le teinturier ou l'artiste, donner de la couleur aux objets passe par l'utilisation de colorants ou de pigments. Le pigment est utilisé en peinture, le colorant en teinture. Le premier, composé de molécules ou d'ions insolubles

dans leur milieu de dispersion, est appliqué en suspension généralement dans un liant, alors que le second, composé de molécules ou d'ions solubles est dissout dans un solvant. Lorsque le colorant est appliqué sur un objet, les molécules qui le composent sont, de par leur structure moléculaire, plus sensibles à des gammes de longueurs qu'à d'autres, du coup, lorsqu'elles sont éclairées par une lumière blanche, elles absorbent les longueurs d'ondes qui composent leur couleur complémentaire, ce qui les fait apparaître sur un objet sous leur propre couleur. Cette étonnante propriété tient parfois à peu de choses. Prenons l'exemple de la molécule d'alizarine présente dans le rouge de garance, couleur emblématique des premiers poilus de la Grande Guerre. Sa couleur est due, entre autres, à ses deux cycles de benzène, appelés chromophores, mais aussi aux groupements hydroxyles (OH) qu'ils portent. Si elle est dépourvue de ces deux groupes auxochromes,



Les groupes auxochromes (du grec *auxanein*, «augmenter») modifient la fréquence d'absorption d'un chromophore. Ils sont responsables de la différence de couleur entre ces molécules.



Certaines couleurs résultent de l'effet combiné de plusieurs filtres colorés, c'est la synthèse soustractive.

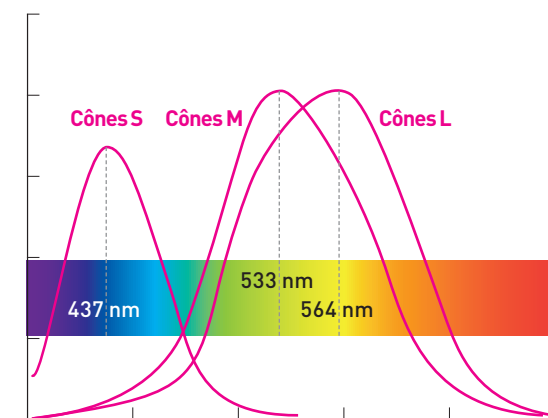
elle devient anthraquinone et prend une coloration jaune pâle. À l'inverse, si on lui rajoute sur son cycle de benzène un troisième groupement hydroxyle, elle se métamorphose en purpurine et prend une coloration rouge foncé assez différente de celle de l'alizarine, sauf si l'on est daltonien...

La rétine est un décodeur

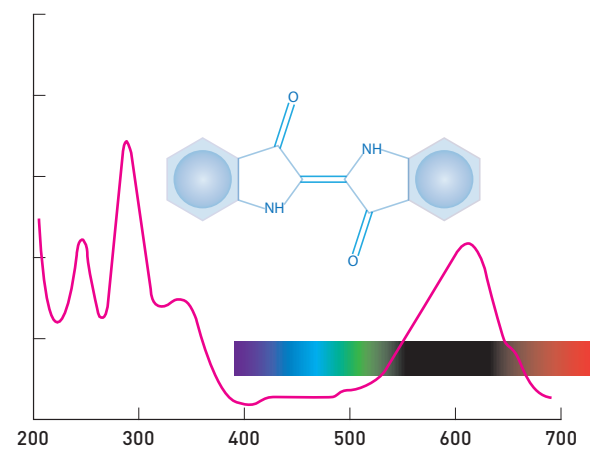
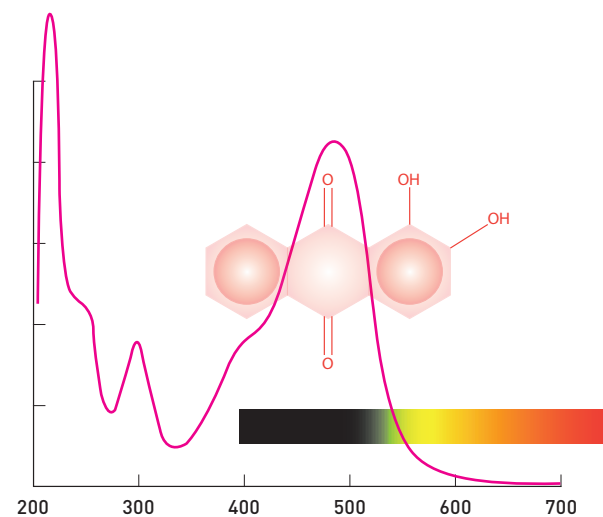
En effet, il ne suffit pas de disposer de lumière et de colorants pour voir la vie en rose ! Encore faut-il pouvoir convenablement décoder les couleurs qui nous entourent. Pour cela la rétine de nos yeux est tapissée d'une centaine de millions de photorécepteurs (135 millions), dont une très grande partie, les bâtonnets, nous servent à voir... en noir et blanc, ou en niveaux de gris, plus précisément. Seule une petite partie (environ 5 millions), appelés cônes à cause de leur forme, sert pour le décodage des couleurs. Si une radiation de longueur d'onde donnée arrive sur ces cônes, elle produit une série de réactions d'ordre biochimique. Ceci se traduit par l'apparition d'une impulsion électrique que le nerf ►

Le daltonisme a souvent servi dans le monde de l'industrie, de l'artisanat ou dans le domaine militaire

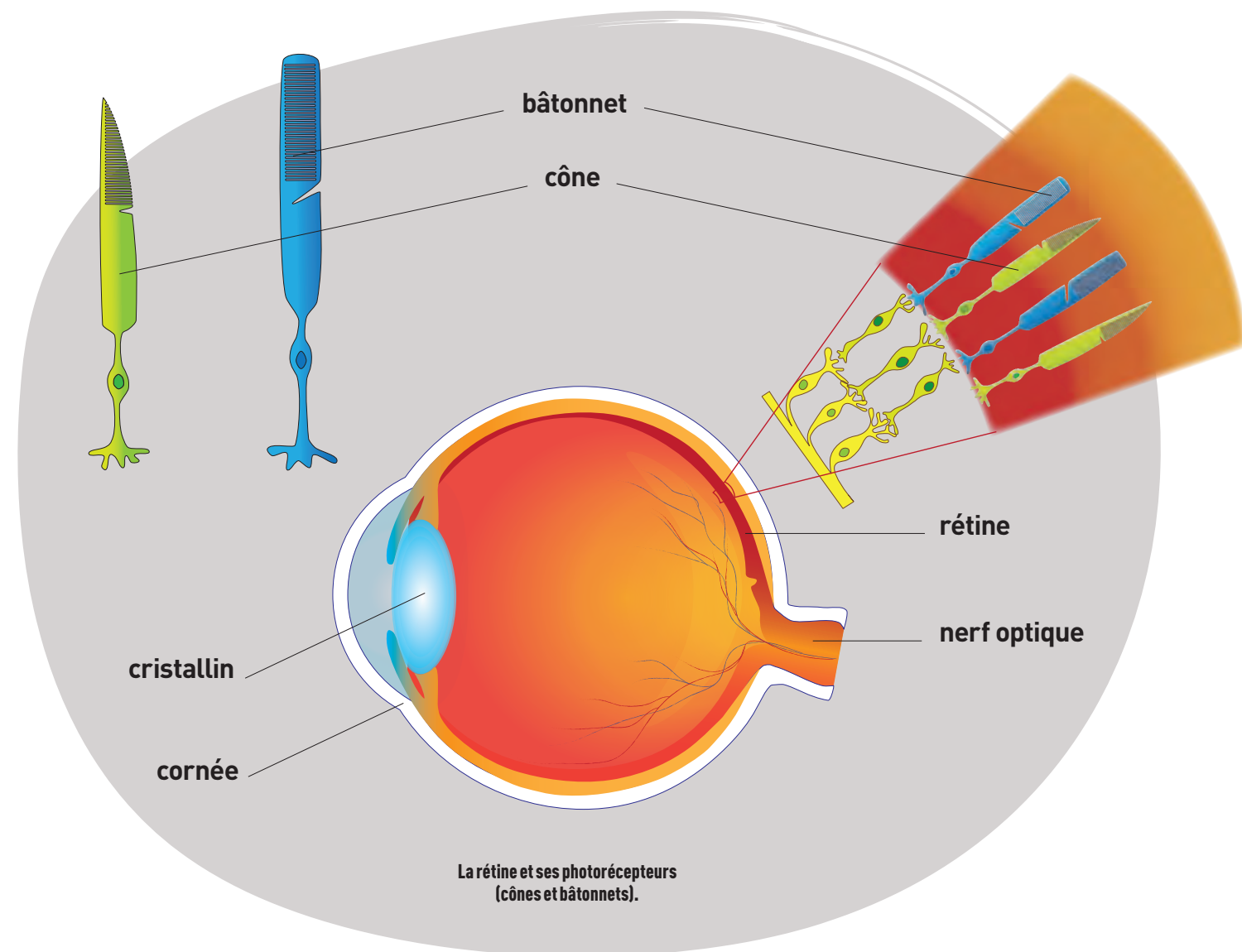
► optique transmet à notre cerveau. C'est seulement à cet instant que notre cerveau interprète cette impulsion comme une couleur. Cependant, si à chaque radiation de longueur d'onde donnée correspond pour notre cerveau une couleur, à une couleur donnée ne correspond pas toujours une longueur d'onde précise. Pour le comprendre, il faut aller regarder de plus près ces fameux cônes. Il en existe en fait trois types (S, M et L) sensibles essentiellement à trois types de longueurs d'ondes, c'est la vision trichromatique. Tout se passe comme si la rétine servait comme palette de mélange pour notre cerveau qui recompose à partir de trois couleurs, le rouge, le vert et le bleu, toutes les autres couleurs de la nature ou presque. Du coup, si notre cerveau voit du jaune, c'est soit parce que notre rétine a été exposée à une lumière de longueur d'onde correspondant au jaune, soit à un mélange de lumières rouge et verte, dont la combinaison est interprétée par notre cerveau comme étant du jaune, et revoilà notre synthèse additive. En effet, comme pour la synthèse soustractive, il existe là aussi des couleurs primaires et des couleurs secondaires, et si la nature a équipé notre rétine de trois types de cônes seulement, c'est par souci d'économie. Les couleurs auxquelles sont sensibles les cônes ne peuvent être reproduites en combinant des lumières d'autres longueurs d'ondes, on dit alors que ce sont des couleurs primaires. Pour



Courbe de sensibilité des cônes S, M et L aux trois couleurs primaires rouge, vert et bleu.



Spectres d'absorption des molécules d'alizarine (rouge) et d'indigo (bleu).



toutes les autres couleurs, nul besoin de cônes spécifiques, il suffit de la bonne dose de ces trois primaires et le tour est joué, en principe. Il existe malheureusement un hic dans tout cela. Pour que ces cônes soient actifs, il faut un gène spécifique à chaque type de cône, si le gène correspondant est absent ou défectueux, c'est le daltonisme. Un œil de daltonien est privé de l'apport d'un ou plusieurs types de cônes. Si un œil est privé des cônes de type M par exemple, le cerveau dépeint le monde qui l'entoure à la manière d'un peintre qui ne dispose sur sa palette

que de bleu et de rouge. Ainsi, une personne atteinte de ce type d'infirmité a toujours du mal à distinguer entre le rouge et le vert. Mais cette infirmité n'a pas que des inconvénients, un œil qui n'est pas sensible à une couleur est en revanche bien plus sensible qu'un œil normal aux nuances des deux autres. Ainsi, les personnes atteintes de daltonisme ont souvent servi dans le monde de l'industrie et de l'artisanat pour leur capacité à distinguer entre des nuances très proches. D'autres sont utilisés dans l'armée pour leur capacité à déjouer les camouflages. ■

QUI SE CACHE DERRIÈRE LES GALILÉENS ?

Ce projet a suscité une formidable émulation au lycée Galilée. Idées, rédaction, expériences en laboratoire... tous les élèves de la 1ere PCL (à droite) et de l'atelier histoire de la 1ere S3 (ci-dessous) ont mis leur grain de sel dans ce numéro spécial.



“ REDONNER DES COULEURS D'ESPOIR À NOTRE HUMANITÉ ”

JACQUES BOURGOIN

Maire honoraire, Conseiller municipal
en charge des relations avec le lycée Galilée.

La réalisation de ce numéro spécial d'un journal traitant de façon singulière de la Première Guerre mondiale par des élèves de première et des ateliers de chimie du lycée Galilée suscite l'entier soutien de la municipalité de Gennevilliers.

L'idée singulière de vos professeurs est de traiter le sujet de la Grande Guerre à partir de l'évolution des uniformes militaires et de leurs couleurs, compte tenu des contraintes techniques et stratégiques de l'équipement du poilu. Le fond est une mise en œuvre par les enseignants et les lycéens d'une véritable démarche scientifique dans le cadre d'un projet pluridisciplinaire d'investigation, d'appropriation et de réinvestissement, qui donne toute la qualité éducative à ce projet. Toute l'envergure de celui-ci est le résultat de la coopération, pour réaliser ce journal, d'une équipe de professionnels de grande qualité de Prisma Média, animée par

le rédacteur en chef du mensuel GEO. Ainsi se concrétise le partenariat ville-entreprise avec Prisma Média, sur le volet éducation. Cela nous conforte dans notre volonté de mieux favoriser le rapprochement des acteurs économiques et des jeunes Gennevillois. Je salue et félicite tous les acteurs de cette initiative originale qui rassemble des énergies professionnelles complémentaires du monde de l'Education nationale publique et de l'entreprise, dans une même démarche «à l'école de la vie». Militant de l'éducation à la citoyenneté, je ne peux terminer ce billet à propos des couleurs de la der des der sans vous inviter à relire *Le Feu* de Henri Barbusse (prix Goncourt 1916): «On ne peut pas plus regarder face à face la destinée que le soleil et pourtant elle est grise.» L'écrivain et militant de la paix suscite aujourd'hui notre travail de mémoire, d'une pertinente actualité pour redonner des couleurs d'espoir à notre humanité.