

Le caoutchouc : une très longue histoire avant de chausser nos automobiles dès la fin du XIX^e siècle

par Michel BARQUINS

Laboratoire de physique et de mécanique des milieux hétérogènes (LPMMH)

UMR CNRS-ESPCI n° 7636 - 75231 Paris Cedex 05

babar@pmmh.espci.fr

RÉSUMÉ

Depuis l'utilisation du caoutchouc par les Olmèques, qui vivaient il y a quelque 3 000 ans dans la région chaude de l'actuel golfe du Mexique, pour imperméabiliser les toiles en vue de s'abriter des intempéries, jusqu'à la fin du XIX^e siècle pour recouvrir les jantes des roues, d'abord par des bandages pleins puis par des pneumatiques, le latex et sa forme coagulée, le caoutchouc, ont connu une incroyable histoire.

Substance, employée dans le quotidien pour façonner des objets divers, bouteilles, écuelles, seringues, bottes, plastrons, bijoux, etc., le caoutchouc avait également un caractère sacré chez les Olmèques. Mis grossièrement en boule pour imiter le soleil, on le lançait en l'air et il participait à une espèce de jeu de pelote consistant, par des coups de coudes, d'épaules, de hanches et de cuisses à ne jamais laisser tomber l'objet, sous peine d'être victimes de rituels sanglants.

Redécouvert par Christophe COLOMB à la fin du XV^e siècle, mais totalement ignoré par lui, il faudra attendre le retour de l'expédition du géographe français Charles Marie de LA CONDAMINE en 1745 pour qu'une industrie se développe en Europe et plus particulièrement en Angleterre, pour fabriquer des tuyaux de pompes à incendie, des vêtements imperméables, des bretelles pour les messieurs, des jarretières pour les dames. Ce matériau, aux propriétés remarquables, présentait malgré tout l'inconvénient majeur d'être fragile et même cassant par temps froid, et poisseux et collant par temps chaud.

C'est l'américain Charles GOODYEAR qui trouvera un soir de janvier 1840, assez fortuitement d'ailleurs, le phénomène de la vulcanisation du caoutchouc par le soufre, réaction chimique qui confère à ce matériau une élasticité permanente. Se développent alors de nombreuses industries aux États-Unis et en particulier, celle de la chaussure, objet utilisé soit en l'état, soit recouvrant un soulier.

On ne peut parler du caoutchouc sans évoquer les aventures des conquistadors qui, partis d'Europe vers le Nouveau Monde pour y trouver de l'or, de l'argent, des épices (se croyant aux Indes), virent très vite l'intérêt du commerce du caoutchouc et installè-

rent des comptoirs sur les bords de l'Amazone et de ses affluents. Au début, l'arbre, originellement sylvestre, était abattu et saigné sur place pour en extraire le latex par incision de l'écorce, mais vint vite le temps des plantations, beaucoup plus rentables pour une récolte de latex planifiée. Les anglais, en particulier Robert CROSS et Henry Alexander WICKHAM eurent rapidement l'idée de rapatrier des graines d'hévéas dans le jardin botanique royal londonien pour les faire germer avant de les cultiver dans leurs colonies en Extrême-Orient où règne un climat très chaud et excessivement humide, propice à la croissance de l'arbre.

C'est sur les jantes des vélocipèdes, que le caoutchouc prendra tout d'abord sa place dès 1868, sous forme de bandages pleins, pour améliorer grandement le confort des sportifs et aussi atténuer le bruit. Le premier pneumatique, en tant qu'enveloppe enfermant le ressort le plus souple qui soit, à savoir l'air, ne verra le jour qu'en 1888, toujours pour les bicyclettes, grâce à l'ingéniosité d'un vétérinaire écossais, dont le nom est très connu aujourd'hui, John Boyd DUNLOP.

Ensuite viendra le temps des premiers pneumatiques démontables pour véhicules automobiles, inventés par les frères André et Édouard MICHELIN. C'est là que notre histoire s'arrête, bien que des améliorations notables aient été apportées depuis aux pneumatiques, par des mélanges judicieux d'élastomères naturel et synthétique associés à la carcasse radiale qui remplaça avantageusement la carcasse diagonale d'antan dès 1946.

L'ARBRE QUI PLEURE

Les premières études et exploitations industrielles du caoutchouc naturel remontent au milieu du XVIII^e siècle [1], au retour d'Amérique du sud du savant français Charles Marie de LA CONDAMINE⁽¹⁾ qui réalise la première description scientifique de ce matériau. Plus exactement, il présente à l'Académie royale des sciences à Paris, ses propres observations et surtout le long rapport de mission rédigé par l'ingénieur français du Roi (Louis XV, le Bien-Aimé) François FRESNEAU⁽²⁾, l'autre découvreur du latex basé à Cayenne en Guyane, sous le titre « Mémoire sur une résine élastique, nouvellement découverte à Cayenne par M. FRESNEAU, et sur l'usage de divers sucres laiteux de la Guiane ou France équinoctiale ». Il y est décrit comment les indiens recueillent une liqueur laiteuse, le latex, en incisant l'écorce de certains arbres, dont le plus connu et le plus exploité aujourd'hui est l'*Hevea brasiliensis*. La saignée est d'ailleurs toujours le procédé utilisé pour récolter le latex. De cette substance laiteuse, qui durcit par coagulation à la chaleur et noircit lentement à l'air, les indiens réalisent des flambeaux qui brûlent parfaitement sans mèche, ils imperméabilisent des toiles par enduction de latex, ils façonnent divers objets utilitaires, par moulage sur argile, comme des écuelles, des bouteilles, des seringues, des casques, des plastrons pare-flèches et des bottes.

(1) Paris, 1701-1774.

(2) Marennes, 1703-1770.

LES PREMIERS UTILISATEURS DU LATEX : LES OLMÈQUES

Il est maintenant bien établi que les civilisations précolombiennes [2-4], comme les Olmèques en Més-Amérique, qui vivaient il y a quelque 3 000 ans dans la région chaude de l'actuel golfe du Mexique (cf. figure 1), connaissaient le caoutchouc. Dans le langage aztèque, le « nahuatl », le caoutchouc était appelé « olli » ou « ollin » d'où le nom d'Olmèques donné à ces lointains ancêtres qui utilisaient le caoutchouc [5]. Chez les Mayas, qui peuplaient la péninsule du Yucatán un peu antérieurement aux Aztèques, le mot « kik » signifie à la fois le liquide laiteux qui coule des arbres à caoutchouc et le sang [6]. Des fouilles ont permis d'exhumer de nombreuses figurines (cf. figure 2) [7] et des balles réalisées en caoutchouc et reliées entre elles par de la résine de conifères tropicaux (copal), qui accompagnaient des ossements humains, au fond des puits sacrés, à Chichén Itzá, par exemple, dans le Yucatán.

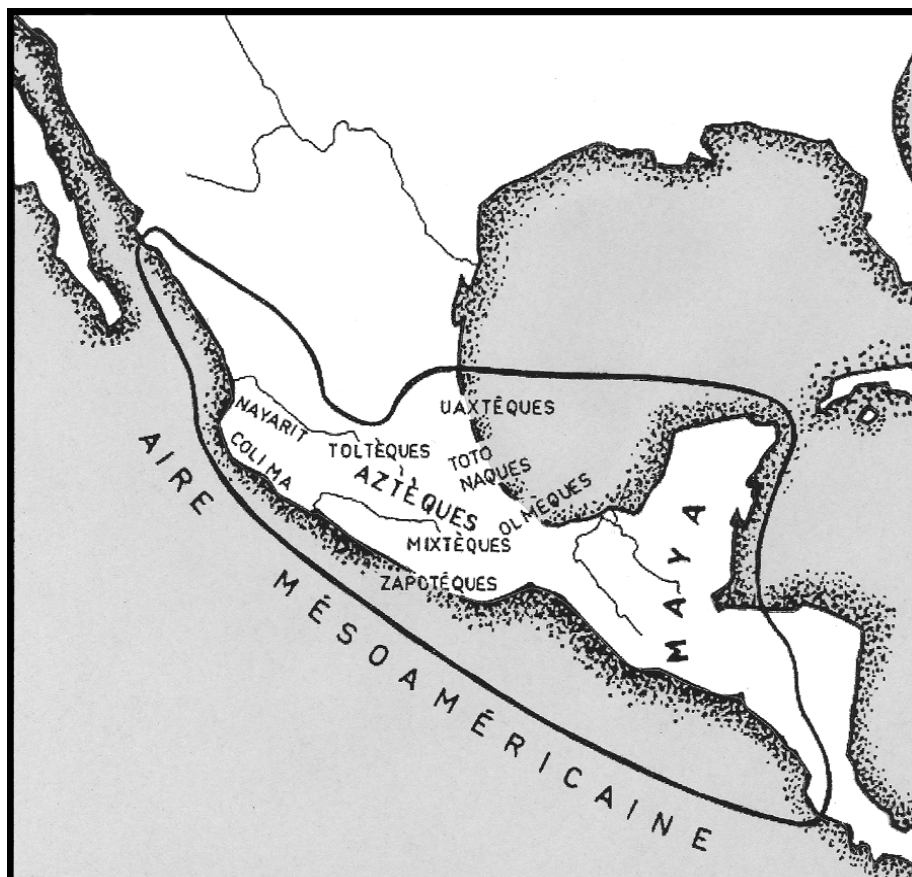


Figure 1 : Aire Méso-Américaine couvrant le Mexique actuel [3].

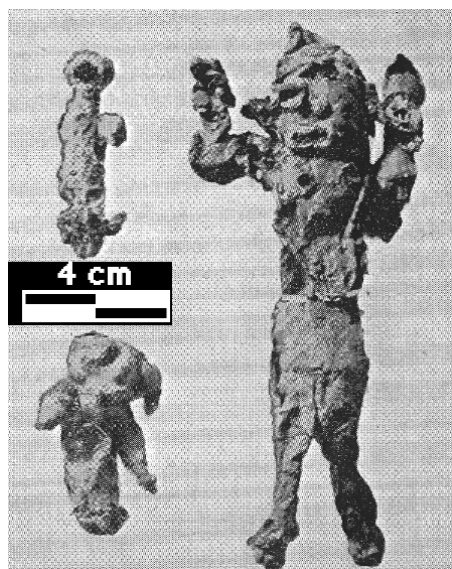


Figure 2 : Figurines en latex coagulé trouvées dans des fosses mortuaires à Chichén Itzá, dans la péninsule du Yucatán au Mexique, datant du ^{IX} siècle de notre ère (visibles au Peabody Museum de l'Université d'Harvard) [7].

La plus importante source d'informations sur les usages religieux et mystiques du caoutchouc dans l'Ancien Mexique est l'ouvrage d'un missionnaire, le père Bernardino de SAHAGÚN qui décrit entre 1530 et 1545 les différentes pratiques des indigènes, dans le langage même des Mayas, qu'il prit la peine d'apprendre. Une version espagnole verra le jour quelque trente ans plus tard et c'est seulement en 1950 que le texte nahuatl et sa traduction anglaise, intitulée « The general history of the things of New Spain » seront publiés sous le nom de Codex Florentine. On apprend ainsi que chez les Mayas, puis les Aztèques, le caoutchouc présente un caractère sacré (le latex s'écoule de l'arbre à la suite d'un coup de hache, à l'image du saignement d'un corps humain blessé), on en fait l'offrande aux dieux, on s'en peint le visage et le corps, on lui attribue aussi des vertus thérapeutiques (toux chroniques, appétits déficients, maux de dents, coliques).

Selon le récit qu'en fit Juan de TORQUEMADA [8] dans son livre publié en 1615, le latex était recueilli dans des calebasses où il se transformait lentement en une substance gommeuse et plastique à laquelle on pouvait donner la forme de l'objet souhaité. En l'absence de récipient, les indigènes s'en enduisaient le corps à mesure qu'il s'écoulait de l'arbre, et après dessiccation, la pellicule obtenue se détachait aisément de la peau, et l'on pouvait alors, compte tenu de sa mollesse, modeler à l'envi afin de lui donner les formes et dimensions voulues, en particulier pour fabriquer des balles à jouer, très appréciées pour leur élasticité et leur faculté de rebondir. L'aspect sacré du caoutchouc existe aussi chez le Incas du Pérou, comme le signale Diego Gonzalez HOLGUIN dans son ouvrage paru à Lima en 1608, dans lequel il établit clairement la relation entre le caoutchouc et les pratiques rituelles de la religion ancienne des Incas.

LE JEU DE PELOTE ET LE SYMBOLISME

Au Mexique, le caoutchouc entraînait également dans le jeu, une sorte de jeu de pelote appelé « tlachli », comme on pouvait en voir, à pareille époque, à Séville en Espagne. Le terrain de jeu, autrement dit le court, nommé « tlacho », qui était consacré comme une église par les représentants ecclésiastiques de la religion officielle abritant les dieux du

jeu, « les idoles »⁽³⁾, a la forme d'un I en lettre capitale d'imprimerie (cf. figure 3) [6], constitué d'un long couloir étroit, pouvant atteindre jusqu'à 60 mètres, limité latéralement par des murs plus ou moins inclinés vers l'extérieur et avec un élargissement à chaque extrémité, comme en témoignent les ruines mayas et aztèques. Dans ce jeu, qui est réservé à une élite, puisque les joueurs sont soit des nobles soit des professionnels, deux équipes de six à trente membres s'affrontant se lançaient une boule de couleur noire en caoutchouc, dont la masse varie de quatre à huit livres, de rotondité toute relative de trois à quatre pouces de diamètre (de la grandeur d'une demi-tête d'homme), en se servant uniquement des épaules, des coudes, des hanches, des fesses et des genoux. Il fallait maintenir cette balle en l'air le plus longtemps possible et l'empêcher de rebondir sur le sol, pour assurer la continuité du cosmos, selon leur croyance (les rebonds décroissants de la balle sur le sol symbolisant la destruction du Monde par épuisement). Pour rattraper les balles basses, les joueurs devaient effectuer de véritables plongeurs, et remonter la balle sans l'aide des mains et des pieds, sous peine de l'attribution de points de pénalité⁽⁴⁾.

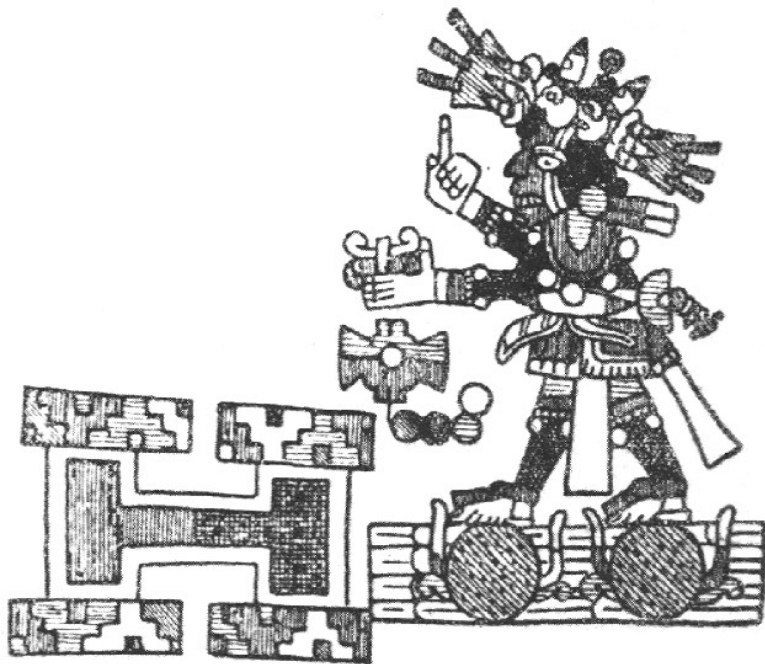


Figure 3 : Représentation, d'après le Codex Borgia, d'un chef Aztèque, et du terrain de jeu en forme de I, debout sur deux balles en caoutchouc brûlant symbolisant le soleil [6].

- (3) Les joueurs habiles étaient admirés, choyés, comblés de cadeaux et habitaient chez les dirigeants.
- (4) Les caractéristiques de l'une des rares balles précolombiennes conservées est actuellement au Muséum d'Histoire naturelle de Nîmes, dont on ne sait d'ailleurs pas si elle a été utilisée pour le jeu, sont les suivantes : poids 162 g, plus grand diamètre 8,13 cm et plus petit diamètre 6,09 cm.

Le court du jeu représentait le ciel et plus particulièrement le ciel nocturne que la balle de caoutchouc, c'est-à-dire « le soleil », ne devait absolument pas toucher. Le jeu proprement dit illustrait ainsi l'antagonisme entre la clarté, la lumière du jour et l'obscurité, la nuit, autrement dit, l'adversité entre la victoire et la défaite du Soleil. Il avait également un rôle politique, puisque l'issue de la partie, aléatoire par essence, par son aspect divinatoire, fixait le choix entre deux décisions politiques divergentes, servant, entre autres, à régler des conflits territoriaux ou la suprématie du pouvoir de tel ou tel. Avant que la puissance conquérante des Aztèques ne s'affirme et s'intègre dans une conception totalitaire, le jeu était un véritable substitut de la guerre et constituait une véritable arme diplomatique.

Les joueurs, équipés de gants, de genouillères, d'un pagne en cuir et d'une ceinture rigide, pour se protéger, devaient faire passer la boule dans deux anneaux en pierre ou en bois, se faisant face dont le diamètre intérieur était à peine plus large que la balle, scellés verticalement à six mètres de hauteur, au milieu des parois latérales, de part et d'autre de l'étroite aire de jeu centrale. En 1978, on avait recensé 661 terrains : 556 en Més-Amérique, 75 aux USA et 30 aux Antilles dans la région s'étendant entre le 5° et 35° parallèle nord. On ne connaît pas exactement les règles de ce jeu car les espagnols, les conquistadors, qui l'ont décrit au début du XVI^e siècle de notre ère, étaient avant tout des spectateurs et non des joueurs. Ce qui est certain, c'est que le coup le plus extraordinaire était de faire passer la balle dans l'anneau, événement qui assurait la gloire à vie au champion.

À cette époque, il y a moins de cinq siècles, le caoutchouc pour confectionner les balles utilisées dans le jeu provient du latex issu du *Castilloa elastica* qui croît au Sud-Mexique et au Guatemala⁽⁵⁾. Ce latex présente la particularité de se colorer en brun après une faible exposition à l'air et devient rapidement noir par suite de l'action d'une oxydase présente dans le latex. Les conquistadors rapportent que le jeu fait l'objet de paris, pris par les joueurs eux-mêmes, dont les « gains » peuvent être des individus, qui deviennent esclaves, des fortunes, des maisons, des villes, des provinces. Quant au champion qui réussit à faire passer la balle dans l'anneau, sans les mains ni les pieds, donc fait rarissime, il gagne les vêtements et bijoux de tous les spectateurs, qui bien évidemment lui rachètent immédiatement et sa fortune est faite.

Cette activité ludique rituelle, sport de plein air par excellence, où la balle était assimilée au soleil, exigeait le sacrifice humain des perdants. Le corps du capitaine de l'équipe vaincue était dépecé, son cœur, arraché à l'aide de couteaux en silex ou en obsidienne, était offert aux dieux, une partie de son organisme était consommée sous forme de ragoût, contenant en guise d'ingrédients, du sang, du caoutchouc liquide et certaines graines et l'autre partie étaient inhumée avec des figurines en caoutchouc moulé. Christophe COLOMB, premier européen en visite au Nouveau monde à partir de 1492, en partant vers l'ouest

(5) Le nom générique *Castilloa* fut défini par le botaniste espagnol Vincente CERVANTES en 1794 dans son discours inaugural du Jardin botanique royal de Mexico, en l'honneur de son éminent confrère et explorateur Juan del CASTILLO.

pour rejoindre les Indes et « sponsorisé » par Isabelle LA CATHOLIQUE, fut le témoin d'une de ces sanglantes joutes lors de son deuxième voyage dans l'Île d'Hispaniola (actuellement Haïti). Il rapporta en Europe des flacons remplis de latex coagulé qui finit par moisir dans les vitrines d'amateurs d'exotisme.

De son côté, l'espagnol Hernán CORTÉS (en français Fernand CORTEZ), après sa conquête du Mexique, revient en Espagne en 1528 avec une douzaine de joueurs aztèques, porteurs de leurs équipements et accessoires, en particulier des balles en caoutchouc, et fait construire des terrains de jeu à la Cour de Charles-Quint pour la plus grande joie de tous. Ses mérites, de conquistador et d'animateur de joutes folkloriques à la Cour, vaudront à CORTEZ, l'anoblissement avec le titre de Marquis du Val d'OAXACA.

LES PREMIERS AVENTURIERS

Après la conquête du Mexique (l'empire Aztèque) par CORTEZ en 1521, puis celle du Pérou (l'empire Inca) par Francisco PIZARRO en 1533, avec l'aide de ses deux frères Gonzalo et Hernando, la côte ouest de l'Amérique du sud et les hauts plateaux, servent de bases aux nombreuses explorations vers l'intérieur du continent, pour les aventuriers de tous poils qui, dans le but de faire rapidement fortune, sont très intéressés par les précieuses et si rentables épices telle que la cannelle (qui l'on récolte aux Indes) mais dont les recherches restent vaines au pays des Incas ! Puis les aventuriers deviennent des conquistadors attirés par la découverte de l'or et de l'argent mais non par celle du latex et du caoutchouc. Il y a bien ici et là quelques récits de voyages signalant qu'au Mexique les espagnols imperméabilisent leurs pèlerines avec un liquide laiteux s'écoulant d'un arbre mais c'est Juan de TORQUEMADA, plus d'un siècle après la découverte du Nouveau Monde, qui est le premier auteur à en faire réellement mention en 1615 en précisant l'effet néfaste du soleil sur les tissus ainsi enduits. En 1653 on apprend que le cuir peut être lui-aussi imperméabilisé à l'aide de latex (issu du *Castilloa elastica*)⁽⁶⁾, qui permet de graisser bottes, hauts de chausse, chapeaux ou encore harnais. Le « caucho » est le nom donné à ce latex par les indiens mexicains, les « caucheros », qui pratiquent la saignée, tandis que le latex issu de l'*Hevea brasiliensis* est appelé la « borracha » par les « seringueiros » qui saignent les arbres au Brésil.

Dans le bassin amazonien ce sont les portugais qui font la loi⁽⁷⁾. Une expédition, conduite par Pedro de TEXEIRA, remonte le fleuve jusqu'à Quito, capitale actuelle de l'Équateur et à son retour, l'envoyé spécial espagnol qui l'accompagne, le jésuite Cristobal

- (6) L'arbre à caoutchouc du Mexique est le *Castilloa elastica*, tandis qu'au Brésil, il s'agit de l'*Hevea brasiliensis*, nom actuel issu à la fois de l'appellation locale d'alors « Heve » de l'arbre, qui croissait dans la province d'Esmeraldas (sur le versant Pacifique de la Cordillère des Andes), et du pays d'origine, le Brésil.
- (7) Le 7 juin 1494, le pape espagnol Alexandre VI BARGE avait partagé, par le traité de Tordesillas, l'Amérique entre la Castille (l'Espagne) et le Portugal. Le traité sera consacré par le Pape Julio II en 1506. La pénétration des portugais à l'intérieur du bassin amazonien ne commence réellement qu'au début du XVIII^e siècle. C'est pourquoi les voyages d'exploration organisés vers le Nouveau Monde le sont avec la bénédiction de la couronne d'Espagne.

de ACUÑA, consigne avec minutie, dans un mémoire qui sera publié à Madrid en 1641 sous le titre « El nuevo descubrimiento del Gran Rio ⁽⁸⁾ de las Amazonas », toutes les ressources de cette contrée : cacao, bois, canne à sucre, tabac, vanille, résines et « gommes ». Tout comme il existe une rivalité entre les envahisseurs portugais et les espagnols, il existe également une rivalité dans l'évangélisation que prennent en charge les conquistadors. À Quito, règnent les jésuites de Ignace de LOYOLA, tandis que partant de Lima et s'avancant plus à l'est, ce sont les franciscains de François d'ASSISE qui se chargent de christianiser ces païens d'indigènes, qui se montrent le plus souvent récalcitrant, d'où résultent les massacres que l'on connaît.

Au début du XVIII^e siècle, en Guyane, des français côtoient les autochtones, en particulier le père jésuite Anne-Joseph de LA NEUVILLE, qui, dans ses « Mémoires de Trévoux » publiées en mars 1723, décrit en particulier des poires faites d'une gomme élastique souple percées d'un petit trou qui, après adaptation d'une canule, servent de seringues aux indiens par simple pressage. Il décrit également la réalisation d'anneaux faits du même produit et utilisés, suivant l'extension qu'on leur applique, comme bagues, bracelets, ceintures, jarretières, colliers, etc., et même corde pour un arc.



Figure 4 : Charles Marie de LA CONDAMINE (1701-1774).

C'est plus de deux siècles après Christophe COLOMB, à partir de 1737, que le savant français Charles Marie de LA CONDAMINE (cf. figure 4) redécouvre cette substance étonnante, et que de manière particulièrement instinctive et ingénieuse, il se protège tout naturellement des intempéries en imperméabilisant lui-aussi un parasol avec du latex pour en faire un parapluie. Il fabrique également des étuis, en toile imperméabilisée au caoutchouc, afin de protéger ses instruments d'optique des pluies diluviennes qui tombent sur les hauts plateaux du Pérou.

CHARLES MARIE DE LA CONDAMINE ET LES AUTRES CONQUÉRANTS FRANÇAIS DU NOUVEAU MONDE

Pour la petite histoire, LA CONDAMINE avait été envoyé en Amérique du sud (plus précisément en Amazonie) par l'Académie royale des sciences de Paris, avec l'aval de la

(8) Rio : mot espagnol signifiant rivière.

couronne d'Espagne⁽⁹⁾, en compagnie de plusieurs collègues français [9] : le botaniste Joseph de JUSSIEU, le mathématicien et astronome Pierre BOUGUER et le jeune et talentueux mathématicien Louis GODIN. Pour sa part, LA CONDAMINE était chargé de statuer sur la controverse qui opposait l'anglais Isaac NEWTON au français Jacques CASSINI quant à la forme de la Terre. Le premier prétendait que la Terre, bien que ronde, était aplatie aux pôles, tandis que le second assurait qu'elle était plus étroite au niveau de l'Équateur. LA CONDAMINE fut donc chargé de mesurer la longueur du quart du méridien à l'équateur au « Vice Royaume du Pérou » (l'actuel État de l'Équateur) tandis qu'une autre équipe, conduite par Pierre Louis MOREAU de MAUPERTUIS, ministre de la Marine de l'époque, partait vers la « Laponie », à la limite actuelle entre la Suède et la Finlande, pour effectuer la mesure d'un arc de méridien d'amplitude 1°. Raison fut ainsi donnée à NEWTON, la Terre est bien aplatie aux pôles.

LA CONDAMINE s'installe et séjourne pendant sept années en Équateur où il recueille des graines et des plants de quinquina⁽¹⁰⁾, dont les pharmaciens français Joseph PELLETIER et Joseph CAVENTOU extrairont plus tard, en 1820, la quinine, remède très tôt connu pour abaisser la fièvre provoquée par le paludisme. Pour l'heure, on soulage sa forte hausse de température en absorbant l'écorce rouge de l'arbre, réduite en poudre et diluée dans des liquides variés. Il découvre aussi sur le versant pacifique des Andes, l'arbre à caoutchouc, dont le suc d'un blanc laiteux, obtenu par incision de l'écorce, est utilisé par les indigènes pour fabriquer des bottes imperméables d'une seule pièce ainsi que des bouteilles.

L'intérêt de LA CONDAMINE pour le caoutchouc aurait pu en resté là s'il n'avait pu, sur la suggestion du gouverneur de la province d'Esmeraldas, Pedro Vincente de MALDONADO, explorateur et cartographe de l'empire colonial d'Espagne, avoir la possibilité de descendre le fleuve Amazone jusqu'à son embouchure. C'est là, en effet, sur la côte atlantique de l'Amérique de sud, qu'il rencontre son collègue et ami François FRESNEAU, ingénieur du roi (Louis XV), basé à Cayenne en Guyane qui s'intéresse lui-aussi à l'arbre à caoutchouc. Ensemble, ils mesureront la vitesse du son dans l'air, dès 1744. Pour cela, LA CONDAMINE s'installe à Kourou avec un canon et tire à blanc. FRESNEAU est à cinquante kilomètres de là, à Cayenne, il regarde l'apparition de la fumée et chronomètre l'audition du coup. Ils firent ensemble une série d'autres travaux scientifiques, comme par exemple l'observation des satellites de Jupiter.

Pour en revenir au caoutchouc, son nom est, dit-on, la traduction francisée par LA CONDAMINE du dialecte local « cao » = bois et « o-chu » = qui pleure⁽¹¹⁾. LA CONDAMINE décrit, dans une note destinée à l'Académie royale des sciences de Paris en date du

(9) Après la guerre de succession d'Espagne, depuis 1715, un Bourbon, Philippe V, accède au trône d'Espagne.

(10) Version francisée du « quinaquina » du dialecte « quecha » parlé par les autochtones. Le quinquina est une espèce sylvestre du versant oriental de la Cordillères des Andes et non pas un produit typiquement amazonien.

(11) On dit aussi que les indiens Maïpas, qui habitent dans les pays de la province de Quito, nomment la résine qu'il tire du latex « cahutchu », qui se prononce caoutchouc.

24 juin 1736⁽¹²⁾, que par incision de l'arbre « Heve » s'écoule une liqueur blanche comme du lait et qui durcit et noircit avec le temps. À l'état fluide (le latex), le liquide brûle aisément sans mèche et les indigènes l'utilisent pour en confectionner des torches qui fournissent une belle clarté. Il décrit également leur manière d'enduire les toiles, de fabriquer d'une seule pièce des bottes parfaitement étanches qui, passées à la fumée, prennent l'aspect du cuir. Des bouteilles sont obtenues par moulage sur des formes en terre à l'aide de latex, et après durcissement, le moule est cassé en menus morceaux qui sont sortis par le goulot. La bouteille est souple, légère, non fragile et peut contenir n'importe quel liquide.

À la même époque, un autre français, Pierre BARRÈRE, médecin-botaniste du Roi, basé lui sur la côte atlantique, à Cayenne de 1722 à 1725, décrit de la même manière dans son ouvrage « Nouvelle relation de la France Equinoxiale » paru en 1743 à Paris, les habitudes des indigènes à fabriquer des ballons, qui font cinq à six rebonds quand on les jette en l'air, des anneaux, des seringues, des bottes et des seaux. Pour ce qui concerne particulièrement les seringues, BARRÈRE décrit avec beaucoup de détails, comment sont fabriqués ces objets, d'environ quinze centimètres de long, par moulage sur une forme constituée d'argile qu'ils pétrissent mélangée avec du sable, pour être aisément cassée ultérieurement. Ces moules sont recouverts de plusieurs couches de latex qu'ils ont fait préalablement bouillir pendant un bon quart d'heure afin de lui donner une certaine consistance. Des inscriptions sont gravées sur la surface avant de procéder au séchage près d'un feu de bois. Ces seringues, dont le corps présente une certaine souplesse, n'ont pas besoin du piston qu'on leur connaît actuellement.

Ces descriptions sont tout à fait conformes à celles proposées par FRESNEAU, qui présente avec minutie la saignée de l'hévéa et la technologie d'emploi du latex pour fabriquer divers objets dont des bouteilles à partir de moules en terre glaise polie, enduits de couches successives de la liqueur laiteuse provenant de l'incision de l'écorce de l'arbre, que l'on fait ensuite sécher près d'un feu de bois en tournant le moule enserrant un bâton qui laissera un trou servant de goulot, afin d'obtenir une épaisseur constante de caoutchouc, goulot par lequel on fait sortir la terre glaise en la diluant dans l'eau. FRESNEAU rentre en France en 1748.

C'est seulement à partir de cette époque que très rapidement va se développer en Europe une industrie spécifique de ce matériau. En ce XVIII^e siècle, siècle des Lumières, tout le monde s'intéresse au caoutchouc et c'est ainsi qu'affluent en Europe de grandes quantités de latex et de gomme (caoutchouc coagulé). En 1763, le botaniste français Jean-Baptiste FUSET-AUBLET, installé en Guyane, définit botaniquement un hévéa différent de celui découvert par FRESNEAU qu'il nomme *Hevea guianensis* dans son ouvrage « Flore de Guyane » publié en 1764⁽¹³⁾. Quelques années plus tard, en 1768, deux éminents chimistes français Pierre Joseph MACQUER et HÉRISSANT mettent en évidence simultanément, ce que FRESNEAU n'a jamais réussi à faire, la possibilité de dissoudre le caoutchouc dans l'éther.

(12) En fait, cette Note ne sera publiée qu'en 1755 bien après son retour en France en 1751. LA CONDAMINE sera élu académicien en 1760, et succombera en 1774 à la suite de l'opération ratée d'une hernie.

(13) En 1775, il publiera « Histoire des plantes de la Guyane française, rangées suivant la méthode sexuelle ».

En 1783, le physicien français Jacques Alexandre César CHARLES, qui préconisa l'emploi de l'hydrogène pour le gonflage des aérostats inventés par les frères Joseph et Étienne de MONTGOLFIER, fit une ascension dans un ballon dont l'enveloppe avait été imperméabilisée par une dissolution de caoutchouc dans l'essence de térébenthine (auparavant les enveloppes étaient vernies). Entre temps, la ligne de partage de la région amazonienne entre le Portugal et l'Espagne est définie par le traité de San Ildefonso, le 1^{er} octobre 1777.

En 1788, l'ingénieur français GROSSARD, décrit dans un mémoire présenté à l'Académie de Dijon, le principe d'un procédé de fabrication de tubes en caoutchouc : la pratique consiste à entourer et à presser sur une baguette cylindrique en cire de diamètre donné, suivant des spires jointives, une lanière de caoutchouc découpée à partir d'une bouteille faite de caoutchouc abondamment imbibée d'éther. Le tube devait être obtenu après évaporation du solvant, mais la bouteille de latex qu'il reçoit de l'Île Maurice éclatera pendant l'hiver 1788-1789 avant qu'il puisse mettre en œuvre son idée.

LA RÉCOLTE DU LATEX ET SON UTILISATION

Dans un manuscrit, longtemps inédit, que le naturaliste brésilien Alexandre Rodrigues FERREIRA rédige au cours de son séjour au Brésil de 1783 à 1792, on apprend que les indiens de la tribu Omagua, qui vivent dans la région de l'Amazone, prisent en utilisant des petites poires en caoutchouc contenant de la poudre, qu'ils reniflent, obtenue en broyant finement des feuilles d'une plante appelée « guruppa ». À peu près aux mêmes dates, un missionnaire, en poste en Bolivie, décrit la technique utilisée par les indiens Mojos pour fabriquer des balles creuses en recouvrant un cœur de forme globulaire en argile de plusieurs couches de résines laiteuses émanant de l'écorce d'un arbre incisé. Après expulsion de la glaise par un petit trou, la balle est gonflée en soufflant avec force de l'air à l'intérieur jusqu'à la taille voulue avant d'être séchée.

Dès avant la fin du XVIII^e siècle, la couronne d'Espagne envoie une mission botanique importante pour faire le point sur les ressources agricoles du Mexique et en particulier celles concernant le caoutchouc qui relève de la variété *Castilloa elastica*. Silvestre Diaz de LA VEGA, directeur général de la régie des tabacs au Mexique, fabrique des toiles résistantes et étanches, faites de sandwichs tissu-caoutchouc-tissu pour confectionner des sacs destinés au transport du mercure, utile à l'extraction de l'or. Les sacs en peau de chamois employés précédemment fuyaient et comme chacun le sait, le mercure coûte cher. Cette technique du sandwich de caoutchouc recueille un franc succès et se répand très rapidement en Amérique mais, comme le remarque le botaniste français Aimé BONPLAND lors de son voyage à partir de 1800 dans la partie espagnole de l'Amérique⁽¹⁴⁾, les man-

(14) La loi royale en date du 2 juin 1800 du gouvernement portugais lui interdit de visiter l'Amazonie brésilienne. BONPLAND a pour compagnon de voyage le prussien Alexandre von HUMBOLDT, avec lequel il remonte le cours de l'Orénoque à partir de la côte vénézuélienne pour atteindre le canal naturel du rio Casiquiare qui relie les bassins de l'Orénoque et de l'Amazone.

teaux imperméables réalisés avec ces tissus exhalent une puanteur animale et nauséabonde.

Au début de l'exploitation des hévéas en Amazonie, la technique de récolte consiste à débroussailler autour de l'arbre en vue de sa chute. On entaille le tronc de la base jusqu'à la hauteur accessible à l'aide d'un sabre d'abattis. Le latex qui s'écoule instantanément est recueilli dans des petites écuelles pendant une demi-heure. L'arbre est ensuite abattu à coups de hache et saigné sur toute la longueur du tronc et des plus grosses branches, le latex étant collecté dans desalebasses, des bassines en fer-blanc ou encore dans de simples fosses rectangulaires creusées dans le sol dont les parois sont rendues étanches par enduction de terre argileuse. Cette technique destructive, pour un rapport financier immédiat, mais sans lendemain, d'une quantité importante de latex, de l'ordre de vingt-cinq litres pour un arbre de deux mètres de circonférence, fournissant une quinzaine de kilogrammes de caoutchouc, a été heureusement abandonnée.

Très rapidement, on décide de préserver l'arbre en récoltant le latex par incision en commençant au plus haut, par une entaille inclinée d'une quarantaine de degrés, en faisant sauter une petite plaque d'écorce de forme grossièrement rectangulaire d'où s'écoule instantanément le latex qui est recueilli dans une écuelle fixée au tronc. D'autres saignées sont pratiquées en dessous les jours suivants. Le latex ainsi récupéré est coagulé par couches successives sur un moule plat au voisinage d'un feu de bois. Par recouvrement sur un long bâton des couches coagulées, on finit par obtenir une grosse boule d'une cinquantaine de kilogrammes de caoutchouc qui est vendue sous cette forme à l'exploitant de la plantation d'hévéas appelée « seringal » en portugais.

Le problème majeur que pose le latex, si l'on souhaite le conserver en l'état, est sa coagulation spontanée à l'air qui a pour effet de le durcir. Il faut donc trouver un moyen de le solubiliser pour qu'il retrouve sa fluidité d'antan et donc les utilisations initiales du latex comme l'imperméabilisation des tissus. Il semble que le chimiste français Antoine François, comte de FOURCROY, ait trouvé la solution en 1791, en empêchant la coagulation du latex par un ajout de quelques gouttes d'alcali, mais sa trouvaille est restée sans suite. En cette fin du XVIII^e siècle, les applications du caoutchouc sont essentiellement médicales, dans la fabrication de cathéters, par exemple, et c'est ce en quoi ce matériau trouve un certain intérêt chez les savants.

En 1798, l'anglais James HOWINSON signale la fabrication en Chine d'objet en gomme élastique et identifie la liane qui la secrète, laquelle prendra ultérieurement le nom de *Urceola elastica*⁽¹⁵⁾. En 1800, le Brésil exporte sa première bouteille de caoutchouc aux USA. En 1803, la première fabrique de caoutchouc voit le jour à Paris. Elle est spécialisée dans la confection de bandes élastiques destinées aux jarretières pour les femmes et aux bretelles pour les hommes. Le premier brevet pour la fabrication d'articles en caoutchouc est pris en 1813 aux USA par Jacob HUMMEL.

(15) Déjà en 1786, un missionnaire à Pékin, le père BOURGEOIS, avait signalé que les chinois utilisaient depuis longtemps une gomme élastique venant du Sud du pays.

L'ANGLETERRE : PIONNIÈRE DANS L'UTILISATION DU CAOUTCHOUC

On peut affirmer aujourd'hui que c'est d'Angleterre que viendront les premières découvertes pratiques, comme, chronologiquement :

1. l'utilisation très précoce du caoutchouc en guise de gomme à effacer découverte en 1770 par PRISTLEY qui constate que les gommés en provenance du Bramaputra aux Indes et celles venant du Brésil, sont capables d'effacer les traits de crayon⁽¹⁶⁾, il les nomme India rubber, appellation qui deviendra plus tard plus simplement « rubber » qui signifie caoutchouc en anglais ;
2. en 1791, Samuel PEAL dépose le premier brevet relatif au caoutchouc et décrit la méthode pour rendre imperméables les vêtements fabriqués à partir de morceaux de diverses natures : coton, laine, toile, cuir, etc. ;
3. l'effet de la mastication du caoutchouc sur sa capacité à la plastification découvert par Thomas HANCOCK⁽¹⁷⁾ en 1821 ;
4. et l'imperméabilisation des tissus inventée par l'industriel écossais Charles Henry MACKINTOSH⁽¹⁸⁾ (cf. figure 5) et la première industrie du vêtement imperméable voient le jour en 1823 à Glasgow, le brevet qu'il a déposé portant la date du 17 juin. Cette imperméabilisation, MACKINTOSH l'a rendue possible et facilement applicable en trouvant le solvant idéal du caoutchouc, le naphtha qui est une huile de houille également appelée benzol ou benzine qu'il obtient par distillation du goudron, qui est un résidu de l'industrie naissante de l'éclairage au gaz. Il dépose la solution de caoutchouc sur l'une des faces d'un tissu qu'il recouvre ensuite par une autre étoffe, puis passe l'ensemble dans une espèce de laminoir pour coller l'assemblage de textiles ainsi réalisé. Le vêtement imperméable ainsi créé portera longtemps le nom de son inventeur : le mackintosh.

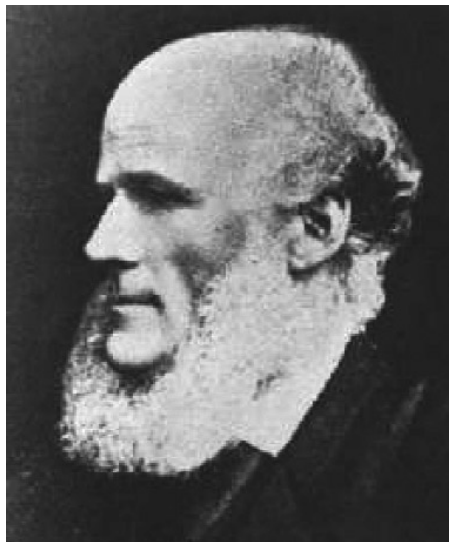


Figure 5 : Charles Henry MACKINTOSH (1766-1843).

Quant à la mastication du caoutchouc, il faut savoir que l'élasticité naturelle de ce

(16) À cette époque, on trouve ainsi chez les papetiers et marchands d'articles de bureau des petits cubes de caoutchouc, en tout point semblables à nos gommés actuelles. Auparavant, pour effacer les traits sur le papier et les diverses salissures, on utilisait la mie de pain, beaucoup moins efficace que le caoutchouc.

(17) Né en 1786.

(18) 1766-1843.

matériau rendait difficile la mise en forme durable des objets. Thomas HANCOCK a montré qu'en broyant le caoutchouc, à l'aide d'une espèce de très grand moulin à café en fer de son invention « Le Masticator », mû par des chevaux, dans lequel des pointes acérées déchiquètent le latex coagulé, les morceaux obtenus adhéraient parfaitement entre eux et que l'on pouvait ainsi façonner toutes sortes d'objets avec l'avantage supplémentaire de les agrémenter en introduisant des substances colorantes dans le mélange. Toutefois, la mastication présentait un inconvénient majeur, l'objet formé perdait une partie de son élasticité. Le remède sera trouvé quelques années plus tard, pendant l'hiver 1839-1840, par l'américain Charles GOODYEAR.

Dès le début du XIX^e siècle, de nombreuses expéditions à caractère scientifique se rendent en Amérique du sud. Pendant la période 1817-1820, deux autrichiens, le zoologiste Johann Baptist von SPIX et le botaniste Karl Frederich Philipp von MARTIUS remontent l'Amazone, installent un camp de base à Manaus et rayonnent aux alentours jusqu'à la frontière péruvienne à Tabatinga. De leurs côtés, les botanistes français Auguste SAINT-HILAIRE et Alcide d'ORBIGNY parcourent le Brésil pour le premier, et l'Argentine et le Pérou pour le second. En 1838, l'ingénieur explorateur et géographe italien, Agustin GODAZZI décrit la ville de San Fernando de Adapo, sur l'Orénoque, comme un carrefour fluvial⁽¹⁹⁾ complètement démunie où il faut apporter avec soi tout ce dont on a besoin.

En 1820, les premières paires de chaussures en caoutchouc fabriquées au Brésil arrivent aux USA. Certains envoient des chaussures en toile afin qu'elles soient imperméabilisées au Brésil, d'autres préfèrent y transférer des formes en bois à leur peinture en vue du moulage. Les demandes croissent rapidement comme suite à la publicité faite dans les journaux pour les chaussures brésiliennes. Boston importe 8 tonnes de chaussures en 1826, 160 tonnes en 1830 et 480 l'année suivante. En 1825, on commence à fabriquer en Angleterre des jouets en caoutchouc, essentiellement des balles directement à partir des poires en latex coagulé venant du Brésil découpées en fines lanières enroulées sur elles-mêmes de manière à constituer une pelote dont la sphéricité est quasi parfaite.

En 1826, le physicien et chimiste anglais Michael FARADAY détermine la composition élémentaire du caoutchouc brut en proposant la formule $C_{10}H_{16}$, les proportions sont belles et bien exactes mais il faut attendre bien plus tard l'analyse fine conduite en 1879 par le chimiste français Gustave BOUCHARDAT pour connaître la formule du monomère élémentaire, l'isoprène C_5H_8 , qu'il réussit à synthétiser. La synthèse proprement dite du caoutchouc à partir de l'isoprène sera réalisée par William TILDEN en 1892.

L'industrie se développe rapidement. En 1828, Thomas Hancock traite avec les français RATTIER et GUIBAL pour installer son industrie en région parisienne, à La Plaine Saint-Denis, pour fabriquer des tissus caoutchoutés. Leur magasin de vente est localisée

(19) San Fernando, fondée en 1756 et dédiée au roi d'Espagne Fernando VI lors de la rencontre hispano-portugaise de la commission des frontières, est localisée sur l'Orénoque qui reçoit les eaux du Guaviare et de l'Inirida dont les sources sont en Colombie.

dans l'actuelle rue d'Aboukir dans le 2^e arrondissement de Paris ⁽²⁰⁾. Également en 1828, l'américain COMSTOCK, basé à Hartford dans le Connecticut, prend un brevet sur le procédé de dissolution du caoutchouc dans l'essence de térébenthine afin de l'appliquer sur une étoffe. Partout, on fabrique des vêtements imperméables, des tissus élastiques à partir de fils de caoutchouc ^(21, 22), des bretelles et des jarretières (ces dernières étaient auparavant constituées de fils de laiton roulés en spirales), des tuyaux de pompes à incendie, des courroies, des balles pour les enfants en 1829, première production de l'entreprise familiale DAUBRÉE qui deviendra plus tard la manufacture Michelin.

Pour la petite histoire, en cette année 1829, Nicolas Édouard DAUBRÉE, cousin de l'aïeul d'Édouard MICHELIN, épouse Élisabeth PUGH BARKER, nièce de Charles MACKINTOSH et lui installe à cette occasion un atelier de confection de balles en caoutchouc pour enfants. Devant le succès rencontré, DAUBRÉE se lance avec son cousin Aristide BARBIER, dans l'usine qu'ils installent à Clermont-Ferrand, dans la fabrication d'autres articles en caoutchouc, comme des clapets, des joints et des tuyaux. En 1832, ils commenceront la fabrication de machines agricoles (pompes à purin, égreneuses, faucheuses, pompes d'épuisement et d'irrigation).

La toute première plantation à très petite échelle d'arbres à caoutchouc, de la variété *Castilloa elastica*, voit le jour à Cuba, à partir de graines venant du Guatemala. En 1832, à Singapour, un certain MONTGOMERIE, aide-chirurgien, signale une forme voisine du caoutchouc mais qui n'est pas élastique, la gutta-percha, qui est sécrétée par le *Palaquium gutta*. On sait aujourd'hui que le caoutchouc naturel, le *cis*-polyisoprène (forme bateau), se distingue, d'une part de la gutta-percha et d'autre part de la balata, toutes deux issues d'arbres de la famille des Sapotacées poussant en Malaisie et en Amérique du sud, respectivement, par la configuration *trans* (forme chaise) de la molécule de ce polyisoprène. C'est Greville WILLIAMS qui, en 1860, par distillation sèche du caoutchouc obtient un produit qu'il nomme « isoprène ».

MONTGOMERIE introduira la gutta-percha en Europe en 1843, et recevra à cette occasion une médaille de la Royal Society of Arts. La gutta-percha trouvera son utilisation dans la fabrication de la première balle de golf en 1845. À partir de 1850, elle sera utilisée pour la fabrication des câbles télégraphiques sous-marins, à la suite de l'observation, par l'anglais Michael FARADAY, de la conservation du pouvoir isolant de ce matériau sous terre et dans l'eau salée. Le premier câble reliant l'Angleterre à l'Europe est immergé à Folkestone par W. BREIT.

Malheureusement, en ce début du XIX^e siècle, l'engouement pour tous ces produits élastiques et la prospérité de l'industrie du caoutchouc furent de courte durée car les objets exposés au soleil devenaient collants et même poisseux, tandis qu'un contact froid

(20) Le succès des articles en tissu élastique est considérable, l'entreprise emploiera, en 1833, près de trois cents ouvriers, hommes, femmes et aussi enfants.

(21) Le brevet du tissage direct des fils de caoutchouc est déposé le 31 mars 1830.

(22) En Allemagne, près de Berlin, REITHOFER prend en 1829 le brevet pour un autre procédé de fabrication de fils caoutchoutés qui consiste à recouvrir les fils de laine ou de soie par des fils en caoutchouc.

les rendaient rigides, fragiles et cassants. Au début des années 1830, une astuce avait été trouvée aux USA par un certain HAYWARD pour sécher le caoutchouc et diminuer son adhésivité naturelle, laquelle consistait à saupoudrer le matériau de fleur de soufre.

Neuf ans plus tard, alors directeur l'Eagle Rubber Company, HAYWARD affinera sa technique en exposant au soleil le caoutchouc soufré lui conférant ainsi une élasticité prolongée, cette méthode de « solarisation » était bien évidemment beaucoup plus efficace pour les plaques minces que pour les objets massifs. Toujours dans les années 1830 et indépendamment, la même pratique de saupoudrage de soufre est menée en Allemagne par LUDERSDORF tandis qu'en Hollande VAN GEUNS introduit du soufre dans la dissolution de caoutchouc, mais aucun d'entre eux ne songe à chauffer le caoutchouc soufré. On doit à VAN GEUNS la réalisation de tuyaux pour pompe à incendie qui restaient imperméables à toute température.

D'une certaine manière, cette technique de saupoudrage de soufre suivie d'une « solarisation » allait révolutionner l'industrie du caoutchouc grâce à la découverte quasi fortuite du mécanisme de vulcanisation par l'américain Charles GOODYEAR ⁽²³⁾ aux États-Unis pendant l'hiver 1839-1840. GOODYEAR n'est pas un débutant, il étudie le caoutchouc depuis la fin des années 1820, il met en œuvre une nouvelle méthode de dissolution du caoutchouc dans l'essence de térébenthine et reçoit en 1835, pour cette étude, une médaille du New York American Institute. En 1839, l'US postal lui passe une commande de sacs en caoutchouc soufré pour transporter le courrier. Malheureusement, sa fabrication est défectueuse, les sacs lui sont retournés par la poste fédérale et c'est la ruine de son entreprise et la famine comme unique perspective. Mais, comme le raconte joliment Jean-Baptiste SERIER à la page 36 de son livre [10], ...

LA DÉCOUVERTE FORTUITE DE LA VULCANISATION DU CAOUTCHOUC

...un soir des premiers jours de janvier 1840, Charles GOODYEAR (cf. figure 6) posa par mégarde, bousculé par le dernier de ses enfants venu l'embrasser, un morceau de caoutchouc recouvert de soufre, issu d'un des nombreux sacs postaux qu'on lui avait rendus, sur un poêle de chauffage, et ce morceau y séjourna un certain temps avant de s'enflammer. GOODYEAR, alerté à la fois par la fumée et par l'odeur désagréable, jeta par la fenêtre le lambeau de caoutchouc, à l'extérieur de la maison où il gelait à pierre fendre. Le hasard voulut que le morceau de caoutchouc atterrisse sur l'appui de la fenêtre !

À sa grande surprise, il constata le lendemain matin que malgré les traitements sévères et curieux qu'avait subi le morceau de caoutchouc, chauffage excessif et même cuisson suivi d'un vif refroidissement, le matériau, malgré quelques points carbonisés, avait acquis dans sa masse une élasticité durable et perdu sa forte adhésivité naturelle. La vulcanisation venait d'être inventée. Ce procédé de chauffage du caoutchouc en présence de soufre fondu, suivi par un fort refroidissement sera appelé « métallisation » par GOODYEAR,

(23) New Haven 1800 - New York 1860.

par analogie avec le trempage des aciers. Il découvrit aussi que si l'on ajoute de la céruse, colorant blanc encore récemment utilisé pour la fabrication des peintures, la vulcanisation était plus rapide. À cette époque, il existe en France douze entreprises qui consomment trente tonnes de caoutchouc, la production mondiale étant estimée à un peu moins de quatre cents tonnes.

Malheureusement, GOODYEAR commit l'imprudence d'envoyer en Europe un émissaire avec des échantillons de caoutchouc traité au soufre afin de faire connaître son invention et surtout de la vendre, mais sans prendre la précaution préa-

lable de déposer un brevet. C'est l'anglais Thomas HANCOCK⁽²⁴⁾, déjà connu pour ses travaux sur la mastication, qui, dès la réception, met au point la technique, en plongeant le caoutchouc pendant une heure et demie dans du soufre fondu à 110 °C et qui déposa le premier le brevet à son nom en 1843. Il constate qu'un chauffage prolongé fournit un caoutchouc plus dur. Entre temps, de son côté, en toute naïveté, dans l'ignorance complète de la trahison de HANCOCK, GOODYEAR affine son mode opératoire en trempant pendant trois quarts d'heure une lame de caoutchouc dans du soufre chauffé à 150 °C, le résultat est concluant, l'élasticité est durable et l'adhésivité naturelle du caoutchouc est supprimée. Quand il veut breveter son invention en Europe, GOODYEAR se heurte bien évidemment à l'antériorité du brevet pris par HANCOCK. Il déposera malgré tout trois brevets aux USA.

Le terme vulcanisation fut proposé par un certain William BROCKEDON, ami de HANCOCK, par allusion à Vulcain, dieu romain du feu, et au soufre que l'on extrait du flanc des volcans. D'ailleurs ce même BROCKEDON lui commande une grande quantité de bouchons fabriqués suivant ce fameux procédé de vulcanisation. Bien que toujours utilisé de nos jours, le mot vulcanisation ne s'impose plus, puisqu'il est erroné à double titre : la chimie moderne permet de stabiliser l'élasticité des matériaux caoutchouteux sans apport de chaleur, ni de soufre. À juste raison, les anglo-saxons utilisent le terme « cure » qui signifie à la fois remède et guérison, cette image est beaucoup plus exacte.



Figure 6 : Charles GOODYEAR
(1800-1860).

(24) 1786-1865.

PREMIÈRES UTILISATIONS DU CAOUTCHOUC DANS LES TRANSPORTS

Au cours de cette première moitié du XIX^e siècle, les usages du caoutchouc vont prendre un rapide essor, en particulier dans le domaine des transports. Le premier véhicule automobile à vapeur, qui chemine à 4 km/h, a été construit par l'ingénieur français Joseph CUGNOT en 1770, précédant de peu l'écossais James WATT qui, dès 1769, avait breveté la première machine à vapeur, mais ne la mettant réellement au point qu'en 1780. En 1836, Walter HANCOCK, le frère de Thomas HANCOCK qui inventa la mastication du caoutchouc, fait circuler un omnibus à vapeur « l'Automaton » qui comporte vingt places et roule avec une vitesse moyenne de 33 km/h. Les progrès pour ce genre de locomotion s'arrêteront tout net en Angleterre lorsqu'en 1865, le décret « Red Flag Act » réduit la vitesse des véhicules à 2 miles/h en ville et à 4 miles/h sur route, avec nécessité de faire précéder les voitures à vapeur d'un piéton agitant un drapeau rouge ! Cette loi, qui ne sera officiellement abolie qu'en 1896, a pour effet immédiat d'interrompre les recherches en Angleterre dans ce domaine. En revanche, en France, elles continuent avec Amédée BOLLÉE qui améliore le moteur à vapeur d'eau. Parallèlement, l'ingénieur français d'origine wallonne, Étienne LENOIR, dépose en 1860 le brevet du moteur à combustion interne de gaz de pétrole.

Dès 1834, Charles DIETZ recouvre les jantes des roues de son tracteur à vapeur d'une deuxième jante mobile, faite de blocs de bois, avec une couche intermédiaire élastique d'abord en liège puis en caoutchouc : le premier pneumatique rigide était né. OMONT en 1837 propose de recouvrir la jante en bois d'une enveloppe fine en fer enserrant une bande circulaire de caoutchouc. En 1844, les français BLANCHARD et CABRIOL fabriquent un bateau de sauvetage en tissu caoutchouté, démontable, pesant moins de 20 kgf, qu'ils présentent à l'exposition de Paris. Déjà en 1835, HANCOCK avait cherché à réaliser des coussins et des matelas en caoutchouc pour améliorer le confort de ses concitoyens.

En 1840, l'écossais Robert W. THOMSON fabrique et prend un brevet pour le premier pneumatique destiné aux véhicules hippomobiles, qui cheminent tout au plus à 10 km/h. Il joue à la fois sur l'élasticité du caoutchouc et sur celle de l'air emprisonné dans des petites chambres faites de toile gommée et vulcanisée, enfermées dans une enveloppe en cuir boulonnée sur la jante. Ainsi équipé, le véhicule fait beaucoup moins de bruit et absorbe les cahots des pavés et des routes mal carrossées⁽²⁵⁾. Mais, sans doute en avance sur son temps, l'invention de THOMSON n'aura aucun succès. À la même époque, en France, un projet de roue élastique relativement compliqué est présenté à l'Académie des sciences dans lequel des ressorts sont disposés soit au niveau du moyeu soit sur la jante des roues afin d'amortir les irrégularités de la chaussée.

En 1850, la production de caoutchouc dans le monde atteint près de 1 500 tonnes. Nelson GOODYEAR, le frère de Charles, invente en 1851 l'ébonite, produite par un chauff-

(25) Vingt-cinq ans plus tard, pour les mêmes raisons du souci d'amortissement des bruits de la circulation et le confort des voyageurs de passage, on posera devant l'hôtel Saint-Pancrace à Londres, les premiers pavages en caoutchouc.

fage long à température élevée de morceaux de caoutchouc dans un bain de soufre⁽²⁶⁾, avec laquelle il fabrique des meubles que Charles expose à Paris⁽²⁷⁾. En 1852, un certain BIGELOW constate que les indiens séjournant sur les plateaux semi-désertiques du nord du Mexique mâchent les tiges d'une plante sauvage, le *Perthenium argentatum*, appelée guayule, et obtiennent une matière caoutchouteuse⁽²⁸⁾ qui ressemble à celle issue de l'hévéa. Plus de trente ans plus tard, on paiera les indiens pour mâcher et produire ce nouveau caoutchouc ! Le terme guayule [11] est composé de deux parties : « quah » qui signifie « bois » en aztèque et « ule » qui vient de « ollin », le caoutchouc.

Déjà, à la fin du XVIII^e siècle, on se demandait où monter les usines de fabrication des instruments médicaux (seringues, sondes, cathéters, bougies, pompes à lait, poires à lavements, etc.), soit sur place et les envoyer en Europe, ou bien transporter le latex liquide directement en Europe en vue de ses éventuelles utilisations. Il existait deux problèmes majeurs qui concernait la conservation du latex et son homogénéisation. La solution sera trouvée en 1854, en stabilisant le latex avec de l'ammoniaque qui permet le transfert sans dégradation du produit directement du Brésil en Europe. Il faut savoir que le latex non stabilisé, prend au cours de sa coagulation une odeur rapidement pestilentielle et c'est pourquoi on avait pris l'habitude de l'exposer à des courants d'air ou à le baigner dans des solutions de citron.

En 1853, l'américain Hiram HUTCHINSON [12], qui possède en Guyane et en Bolivie de vastes forêts riches en arbres à caoutchouc, débarque en France, plus précisément à la Ferme de Langlée (orthographié L'anglée à l'époque parce que situé à l'angle formé par le ruisseau de la Pontonnerie et par la rivière le Loing) située à quelques kilomètres au nord de Montargis. En homme d'affaire averti, disposant en ce lieu d'une source d'énergie hydraulique pour alimenter les moulins, et de voies de communication routières, il y installe en lieu et place d'une filature fermée en 1845, après avoir été une papeterie de renom, une usine de fabrication intensive d'objets en caoutchouc pour une diffusion à l'échelle européenne. La création de cette manufacture fait suite aux négociations entreprises avec Charles GOODYEAR, qui lui cède le 30 mai 1853 l'exclusivité de son brevet sur « Les perfectionnements apportés à la confection des bottes, des souliers, des socques et des chaussures ». Le procédé consiste essentiellement en la vulcanisation du caoutchouc à 130 °C en présence d'une petite quantité de soufre qui confère au matériau son élasticité permanente particulièrement adaptée à la réalisation de chaussures légères destinées à protéger de la pluie et de la boue les chaussures de cuir et de peau portées par les Européens.

C'est le 1^{er} avril 1853 que la société « Hutchinson, Henderson et Compagnie » voit le jour. Avec les aides de son fils, Alcander alors âgé seulement de 22 ans, des négociants

(26) De l'ébonite, on en fit longtemps des tuyaux de pipes.

(27) Accablé de dettes, Charles GOODYEAR sera mis en prison à Clichy. C'est dans sa cellule que l'empereur Napoléon III lui fait remettre la croix de la Légion d'Honneur, en récompense de son invention. GOODYEAR mourra en 1860 avec une dette s'élevant à 200 000 dollars.

(28) La gomme issue de guayule sera analysée en Allemagne en 1870.

Joseph Kennedy SMYTH et John Cleve HENDERSON respectivement à Paris et à New York, de l'ingénieur de l'École centrale de Paris Louis COHEN et de Charles GOODYEAR, Hiram HUTCHINSON va faire de L'Anglée une usine modèle dont s'inspireront durant de longues années, les anglais, les allemands ainsi que les russes.

L'idée de cultiver, dans d'autres régions chaudes et humides du monde, l'arbre à caoutchouc américain, semble avoir été émise pour la première fois par l'agronome et ingénieur anglais James ANDERSON, à qui l'on doit l'invention de la charrue écossaise, dans la revue « The Bee » parue le 23 mars 1791 à Edinburgh, où il envisage d'importer des graines dans les colonies anglaises des Indes, du Cap Vert et des côtes africaines ⁽²⁹⁾ [15].

Rappelons que la toute première expérience de plantation a eu lieu, à une échelle expérimentale, à Cuba en 1830, avec des graines de *Castilloa elastica*. Ce n'est qu'en 1856, qu'apparaît sur le marché mondial le premier caoutchouc venant des côtes occidentales africaines. La récupération du caoutchouc usé ou détérioré devient possible en 1858 aux USA grâce à la mise au point du procédé de dévulcanisation. En 1861, les hollandais entreprennent la plantation de *Ficus elastica* à Java. En 1865, Joaquim Antonio DA SILVA installe la première plantation d'hévéas dans une petite île de la rivière Guama au Brésil située à une douzaine de miles de Belém. L'Amazone, de Belém à Manáos (ville aujourd'hui appelée Manaus), devient le haut lieu du commerce international du caoutchouc à partir de 1866 et la livre de caoutchouc brésilien est vendue aux USA au prix d'un dollar.

En ce milieu du XIX^e siècle, l'Amazone s'ouvre au commerce international, elle est remontée par des bateaux à vapeur chauffés au bois. L'aller et le retour entre Belém et Manaus se fait en vingt-deux jours. En 1864, le premier caoutchouc bolivien atteint la côte atlantique après avoir surmonté le problème crucial et incontournable du passage des chutes et des rapides du rio Madeira, qui compte pas moins de quinze séries de cataractes (cachoeiras) avec des dénivellations atteignant plusieurs mètres sur quelques centaines de mètres.

En 1870, l'explorateur et agronome amateur anglais Henry Alexander WICKHAM [13, 14], crée sa plantation d'hévéas sur les rives de ce long fleuve qu'est l'Amazone, près de Santarém au Brésil. Dans le même temps, l'implantation de l'*Hevea brasiliensis* dans les colonies anglaises de l'Asie tropicale est sérieusement envisagée par James COLLINS, conservateur du musée de Pharmacie à Londres, suite aux nombreux rapports envoyés par le botaniste Richard SPRUCE qui a réalisé à partir de 1853 un inventaire détaillé des nombreuses espèces d'hévéas en Amazonie, dont l'*Hevea spruceana*, bien évidemment. Il note dans ses mémoires, qu'en descendant le canal Casiquiare, il tombe sur un village où les indiens de la tribu Pacinomare sont en train de jouer à la balle, qu'il croit être une vessie gonflée d'un quelconque grand quadrupède, du genre tapir, avant de s'apercevoir qu'il s'agit d'une balle de caoutchouc.

(29) La première mise en place d'un jardin botanique pour la culture des hévéas en Afrique n'aura lieu à Saint-Louis du Sénégal qu'en 1896. Puis viendra très rapidement le tour de Conakry en Guinée, de Dakar au Sénégal, de Koulikoro au Mali en 1902, de Banfora en Haute-Volta de Bingerville en Côte d'Ivoire et de Porto-Novo au Dahomey en 1905.

RETOUR SUR L'ÉPOPÉE DES CONQUISTADORS

Beaucoup plus tardivement qu'au Brésil, une autre zone d'exploration à la recherche du caoutchouc est la Bolivie. Auparavant, on y exploitait l'écorce de *Cinchona*, genre issu de la taxonomie du naturaliste suédois Carl von LINNÉ pour nommer dès 1742 l'arbre qui fournit le quinquina. C'est l'envoi des écorces de l'arbre à partir des ports de la côte pacifique du continent américain vers l'Asie, qui va faire que des plantations vont rapidement voir le jour en Extrême-Orient et supplanter à partir de 1870 la production bolivienne. Les collecteurs de quinquina se tournent alors très naturellement vers la récolte du caoutchouc sauvage. Des expéditions sont organisées dans les contrées assez hostiles, où les cours d'eau sont parsemés de chutes et de rapides et donc peu aisés pour transporter le caoutchouc récolté.

Dès 1778, le gouvernement bolivien avait délégué deux américains, le géologue James ORTON et le médecin Edwin R. HEATH (qui donneront tous deux leur nom à un rio), pour explorer la région du nord Beni qui devait s'avérer prometteuse en réserve d'arbres à caoutchouc. Antonio VACA DIEZ, installé à São Antonio depuis 1876 sur le rio Madeira, aidé par Antenor VASQUEZ, exploite activement l'immense plaine située au confluent des rivières du Beni et de l'Orton, où les arbres à caoutchouc sont effectivement nombreux, mais la main d'œuvre se fait rare et les chutes du Madeira constituent un sévère obstacle au mouvement du caoutchouc vers l'Amazone⁽³⁰⁾. Néanmoins la région comptera en 1880 plus d'un millier de seringueiros (nom portugais donné aux ouvriers extrayant le caoutchouc naturel) au lieu des deux cents présents avant l'exploitation intensive.

À la même époque, le bolivien Nicolas SUAREZ, aidés de ses frères, crée sur les rives du Madre de Dios et ses affluents, des postes d'approvisionnement et de portage par des mules, au niveau des chutes d'Esperanza, afin d'exporter le caoutchouc et d'importer des produits de premières nécessités pour les récolteurs et transporteurs de latex, comme des quartiers de bœufs séchés, du sucre et du riz. En 1881, les frères Nicolas, Romulo et Gregorio SUAREZ sont à la tête d'un véritable empire qui mettra sur pied un système de transport comptant jusqu'à 1 500 mules permettant le convoi de 140 tonnes de caoutchouc.

De son côté, le colonel brésilien Antonio R. P. LABRE poursuit l'exploration du Purus, du Jurua, du Madre de Dios et du rio Acre, commencée par le géographe anglais CHANDLESS dès 1864 et faisant suite aux toutes premières expéditions conduites par le prussien Alexandre von HUMBOLDT et le français Alcide d'ORBIGNY, dans le but de relier la zone d'exploitation des arbres à caoutchouc au point navigable le plus proche. Mais quand les rivières ne sont pas le siège de chutes et de rapides, pour lesquels il faut décharger les bateaux et les tirer sur des chemins de rondins⁽³¹⁾, elles se caractérisent par une

(30) Après la guerre contre le Chili en 1882, le débouché de la Bolivie vers la côte de l'océan Pacifique lui est interdit.

(31) À titre d'exemple, il faut huit jours pour franchir les chutes de Riberão sur une distance de trois miles.

sinuosité excessive, comme le Purus dont le cours atteint 3 500 km pour une distance à vol d'oiseau d'environ 1 500 km. Le colonel LABRE parviendra tout de même à ses fins en reliant la zone d'exploitation du Madre de Dios à la rivière Acre, qui est un affluent du Purus, mais en remarquant que le commerce du caoutchouc n'est pas chose facile.

En Colombie, les premiers explorateurs de la rive gauche de l'Amazone et récolteurs de l'écorce de quinquina, puis de caoutchouc, sont les frères Elias, Rafael et Nestor REYES. En 1875, ils obtiennent de l'empereur du Brésil, Pedro II, l'autorisation de naviguer et de faire commerce entre les ports de l'Amazone et la Colombie, inaugurant à cette occasion la navigation à vapeur sur le Putumayo. La compagnie « Reyes y hermanos » fonctionnera jusqu'en 1884, à la mort du plus jeune (dévoré par les indigènes) et du plus vieux (des suites d'une fièvre) des trois frères. Le survivant, Rafael, deviendra quelques années plus tard président de la république de Colombie.

Au Pérou, c'est Isaisas-Fermin FITZGERALD, qui prendra plus tard le nom de Carlos Fernando FITZCARRALDO, qui règne en maître. Sa célébrité vient du fait de la découverte de l'isthme qui porte aujourd'hui son nom qui raccourcissait de manière notable la route d'évacuation du caoutchouc en évitant la ville d'Iquitos située sur l'Amazone. Cet isthme permet de relier par une route les rives de l'Ucayali et du Purus, longue de 12 km et s'élevant à 470 m au dessus du niveau de la mer. Ce raccourci, qui prend malgré tout deux mois et nécessite un grand nombre de cordages et de poulies pour tirer son bateau « Le Contamara » sur des rondins de troncs savonneux d'un arbre appelé « setico »⁽³²⁾, lui permet, en descendant le Madre de Dios, d'arriver à Carmen en septembre 1894 sur le territoire placé sous la coupe de Nicolas SUAREZ avec une cargaison de marchandises à moitié prix, du fait de n'avoir pas eu à franchir les nombreuses chutes et rapides fréquentées par ces concurrents.

Revenons un peu en arrière pour signaler que dans les années 1870-1871, la première usine de caoutchouc est créée à Akron, dans l'actuel état de l'Ohio par GOODRICH. C'est STEVART, en Belgique, à l'École des mines de Liège, qui met en évidence en 1870 l'incompressibilité du caoutchouc, ce que nous traduisons aujourd'hui par une valeur du coefficient de Poisson très voisine de 1/2.

Il faudra attendre dix ans, de 1870 à 1880, et l'intervention d'explorateurs, de botanistes et agronomes éminents et d'hommes politiques influents essentiellement anglais, tels que, FARRIS⁽³³⁾, CROSS⁽³⁴⁾, WICKHAM⁽³⁵⁾, MARKHAM⁽³⁶⁾, COLLINS⁽³⁷⁾, HOOKER⁽³⁸⁾, CHALMERS⁽³⁹⁾, d'incessantes traversées de l'océan Atlantique dans les deux sens, de transferts

(32) L'intérieur du tronc de cet arbre est partiellement creux et contient des formations cireuses qui abaissent fortement le frottement.

(33) C'est FARRIS qui, dès le mois de mai 1873, envoie à Londres deux mille graines d'hévéa, à la demande de HOOKER (cf. note 38). Une douzaine de plants germeront mais meurent à Calcutta où ils ont été transférés, le climat ne leur convenant pas, alors que leur culture à Ceylan aurait été un succès.

(34) Robert CROSS, excellent botaniste et agronome, après l'échec des plants envoyés par FARRIS, fut envoyé au Panama en juin 1875 pour y récolter des graines de *Castilloa elastica* dont sept mille parviendront à Londres par le truchement du capitaine MALLET, consul britannique à Panama. Les plants se développent

de plantules d'arbres à caoutchouc vers l'Extrême-Orient, et de très nombreuses et toujours infructueuses tentatives de germination de graines (cf. figure 7) d'*Hevea brasiliensis* (en provenance du Brésil) et de graines de *Castilloa elastica* (en provenance d'Amérique centrale), rapatriées au Jardin botanique de Kew à Londres⁽⁴⁰⁾, pour ensuite envoyer les plants vers Ceylan, les Indes, Singapour et Java, pour que fleurissent enfin des plants d'hévéas à Kuala Kangsar en Malaisie en 1880. Il en sera de même à Ceylan, l'année suivante. En 1884, les premières saignées d'écorces d'hévéas ont lieu à Kuala-Lumpur, en Malaisie⁽⁴¹⁾. À cette époque, le prix du kilogramme de caoutchouc à Paris est de vingt-cinq francs (3,80 €), soit cinquante fois le salaire horaire moyen d'un ouvrier spécialisé.



Figure 7 : Capsule d'hévéa contenant trois grosses graines.

Le personnage de Sir Henry Alexander WICKHAM, avant tout aventurier et botaniste amateur, mérite quelques commentaires. Basé à Santarém sur l'Amazone, il parviendra à transporter des graines d'hévéas des rives de la rivière Tapajós au Jardin botanique royal de Kew à Londres. Les 74 000 graines, payées dix livres sterling le mille, rapportées du Brésil par WICKHAM à bord du steamer « Amazonas » qui accosta à Liverpool le 10 juin 1876, furent plantées dès le 15 juin afin de les faire germer. La germination réussit miraculeusement environ dans 3,6 % des cas. On refusa à WICKHAM le privilège d'accompagner les plants en Extrême-Orient qui furent confiés à un « modeste jardinier ». De dépit, il émigra pour un temps en Australie pour y cultiver le café et le tabac avant de vivre

convenablement si bien qu'ils sont envoyés aux Indes. Le 10 juin 1876, Robert CROSS part au Brésil, à bord du steamer « Cearense », depuis Liverpool et arrive à Belém le 15 juillet. Il trouve dans les îles de la partie basse de l'Amazone, dont la principale est Marajo, de nombreux hévéas, dont il rapportera plus d'un millier de plants en novembre 1876 [14].

- (35) Sa carrière sera évoquée dans le paragraphe suivant.
- (36) Clements MARKHAM est secrétaire du ministre des Indes.
- (37) James COLLINS est conservateur du musée de la Société de pharmacie à Londres.
- (38) Joseph Dalton HOOKER est directeur du Jardin botanique royal de Kew à Londres.
- (39) Jardinier, responsable entre autre de la serre des orchidées au Jardin botanique royal Kew à Londres.
- (40) HOOKER aurait ordonné début juin 1876 à D. CHALMERS de déménager de toute urgence ces précieuses fleurs pour y installer les fameuses graines.
- (41) La même année est fondée à Londres la revue « The India Rubber Journal » qui rend compte des dernières découvertes dans le domaine du caoutchouc.



Figure 8 : Portrait et autographe de Henry Alexander WICKHAM (1846-1928) en 1919, un an avant la remise de son titre de Chevalier de la couronne d'Angleterre [16].

de nouvelles aventures de part le monde, en Nouvelle-Guinée, à Singapour, à Ceylan avant de rentrer en Angleterre. On l'accusera plus tard, à tort, d'avoir voler les graines d'hévéas, alors que leur exportation ne fut réellement prohibée que bien après sa livraison en 1876. La participation de WICKHAM à l'implantation dans les colonies anglaises d'Extrême-Orient des plants d'hévéas, en remplacement des caféiers dont la production était touchée par l'effet dévastateur de la chenille *Hemileia vastatrix*, lui vaudra d'être fait Lord, c'est-à-dire Chevalier de la couronne d'Angleterre, en 1920 (cf. figure 8). Il mourut le 24 septembre 1928 [14, 16].

Une question se pose : dans quelle proportion interviennent les plants envoyés à la fois par Robert CROSS et Henry Alexander WICKHAM dans les plantations d'arbres à caoutchouc cultivés dans les possessions anglaises en Extrême-Orient ? Nul ne peut répondre à cela. Il est clair que la personnalité prétentieuse de WICKHAM, qui aimait se parer de titre flatteur, - il tenait à se faire appelé « Le père des plantations » ou encore « Le commis-

sionnaire pour l'introduction de l'arbre à caoutchouc de Belém pour le gouvernement des Indes » -, et qui tira de son aventure au Brésil charges, honneurs et profits, fit oublier pendant un temps la contribution notoire de Robert CROSS, savant modeste et consciencieux, dans l'implantation des graines et plants d'*Hevea Brasiliensis* et autre *Castilloa elastica* en Extrême-Orient. En revanche, l'accusation de vol de graines en 1876 faite à WICKHAM ne tient pas ⁽⁴²⁾ car il est reconnu aujourd'hui que CROSS ramena en Europe sans aucune difficulté plus d'un millier de plants, en 1876 après le « litigieux » transfert de WICKHAM.

DES PREMIERS BANDAGES DE CAOUTCHOUC AUX PNEUMATIQUES

Les premiers bandages de caoutchouc prirent place en tout premier lieu sur les jantes des roues de vélocipèdes, que l'on appellera rapidement vélo pour faire court.

(42) Un rapport du 7 juin 1939 du musée du Commerce de Belém indique qu'aucune loi d'interdiction d'exportation des graines et plants d'hévéas n'existait au Brésil en 1876 et donc que WICKHAM n'a commis aucune illégalité (*Rubber News Letter*, 14 (1940) 25).

L'ancêtre du « vélocipède » est le « célérifère », inventé en France par le Comte de SIGNAC en 1790, en pleine révolution française. Il se compose d'un cadre et de deux roues en bois. Puis vint la « draisienne », mis au point par le baron allemand Drais Von SAUERBON en 1819, dont la roue avant est directrice. Cette roue avant sera dotée de pédales puis d'un frein en 1861, grâce à l'ingéniosité du français MICHAUX.

Dans les années 1860, la France exporte beaucoup de vélocipèdes vers l'Angleterre, et c'est là que sera mis au point, en 1868 par Thomas SPAROW, le premier « vélo »⁽⁴³⁾ équipé de roues garnies de bandes en caoutchouc [17]⁽⁴⁴⁾. C'est dans cet état qu'il retranscend la Manche et le dénommé THÉVENON qui l'acquiert à Carpentras, gagne avec cet engin toutes les courses locales organisées en août 1869, au grand dam de ses adversaires qui posent d'ailleurs une réclamation, mais qui restera sans suite parce que le règlement reste muet sur les bandes de caoutchouc. D'autres améliorations plus ou moins heureuses voient le jour, dans lesquelles interviennent des ressorts à boudins qui s'avèrent fragiles à l'usage, avec l'inconvénient majeur qu'il faut recouvrir d'une enveloppe élastique pour les protéger de la boue.

La première course de longue distance a lieu le 7 novembre 1869, qui mène les coureurs de Paris à Rouen (126 km). Elle est remportée par l'anglais James MOORE en 10 heures 34 minutes, qui dispose, bien évidemment, d'une machine en bois et métal avec les bandages en caoutchouc. Cela encourage sans doute Robert W. THOMSON à breveter à nouveau ses inventions, en adaptant cette fois sur les automobiles à moteur à vapeur de sa fabrication, des bandages pleins pour couvrir les jantes des roues. C'est enfin le succès, venant très probablement de la forte atténuation du bruit que font les véhicules ainsi équipés lors de leur déplacement. En revanche, en France, les innovations stagnent du fait de la guerre de 1870. Par contre, en Angleterre les courses de vélocipèdes remportent un vif succès avec un James MOORE toujours aussi redoutable.

Les courses reprennent en France, après la guerre et le 4 juin 1876, à Angers, la consécration du caoutchouc se manifeste par la décision des organisateurs de l'épreuve de faire partir les coureurs dont les vélocipèdes sont équipés de bandages en caoutchouc une heure après ceux dont les jantes sont en fer. À la même époque le français TRUFFAUT innove en inventant la jante creuse, beaucoup plus légère, faite de deux couronnes en feuilles d'acier brasées. Auparavant, elle était constituée d'une gouttière en fonte dans laquelle était collé le bandage en caoutchouc. En 1888, les champions adoptent le bicycle de SURREY, qui pèse 12 kilogrammes dont la roue avant a un diamètre de 1,35 mètre qui, avec les pédales montées sur l'essieu, fournit un développement de l'ordre de 4,3 mètres. Avec cette machine, le français Charles TERRONT parcourt 100 km en 3 heures 28 minutes. À la même époque, apparaissent les premières bicyclettes avec deux roues de même diamètre équipées de bandages de caoutchouc.

(43) Les termes vélocipède et célérifère font tous les deux référence à la rapidité de l'avancement que procurent ces engins. Quant à la draisienne, souvenons-nous du prénom de son inventeur !

(44) Clément ADER a déposé en cette même année 1868 un brevet, pour améliorer les vélocipèdes, consistant à remplacer le cerclage de fer des roues par un bandage de caoutchouc présentant l'avantage d'être souple et silencieux (un exemplaire de vélocipède est visible au musée de Rouen).

LA NAISSANCE DU PNEUMATIQUE

Le pneumatique proprement dit est inventé ou plutôt réinventé en 1888 par un vétérinaire écossais, John Boyd DUNLOP, qui fabriquait lui-même ses gants chirurgicaux en latex. Ce pneumatique, fait d'un assemblage judicieux de cuir et de caoutchouc, était réservé à l'usage exclusif des bicyclettes, puis viendra rapidement le tour des voitures hippomobiles et automobiles à pétrole⁽⁴⁵⁾. À cette époque les pneumatiques, fait d'un simple tube en caoutchouc très fragile gonflé à l'air, étaient solidement collés sur la jante des roues des bicyclettes et il fallait donc pour les réparer, en cas de crevaison, se déplacer avec l'engin en panne. Il faut dire que les crevaisons étaient nombreuses, et pour réparer, il fallait plusieurs heures et laisser sécher toute une nuit. En 1889, à l'occasion de l'exposition universelle à Paris, les pavillons du Brésil, du Nicaragua, du Guatemala, du Salvador et du Venezuela font une grande place au caoutchouc que ces pays produisent. Quelques années plus tard, le Sénégal et le Cameroun exporteront à leur tour du caoutchouc. Également en 1889, la société générale des Établissements « Bergougnan & Cie » est fondée à Clermont-Ferrand et fabrique, en particulier, les pneus « Le Gaulois » pour automobiles, voitures attelées, cycles, etc.

Dès 1889, Édouard MICHELIN, sollicité par un cycliste clermontois pour réparer le pneumatique crevé de sa bicyclette anglaise, imagine la fabrication d'un pneumatique démontable, rendant ainsi sa réparation plus aisée. Au début de l'aventure Michelin, il y a deux frères. L'aîné, André MICHELIN, né en 1853, fils d'Adèle BARBIER (fille d'Aristide BARBIER) et de J. MICHELIN, est ingénieur de l'École centrale de Paris, il suit une formation d'architecte, passe cinq ans au ministère de l'Intérieur, au service de la carte de France, puis installe une entreprise de serrurerie et de charpente métallique à Paris. Son frère cadet, Édouard, né en 1859, fait des études de droits puis entre à l'École des Beaux Arts pour se consacrer à une carrière de peintre. Le hasard des alliances fait qu'Édouard devient le 28 mai 1889 le gérant de la nouvelle société « Michelin & Cie » qui est spécialisée dans la fabrication d'un produit : le patin de frein appelé « The Silent », parce qu'il est silencieux et élastique, fait de textile et de caoutchouc, destiné à être pressé sur la jante des roues des cabriolets hippomobiles pour les freiner et les maintenir à l'arrêt. À cette époque, l'usine des Carmes de la société Michelin, à Clermont-Ferrand, occupe douze hectares et emploie cinquante-deux personnes [18].

En 1891, les frères André et Édouard MICHELIN déposent les premiers brevets pour les pneumatiques démontables pour bicyclettes fixés par dix-sept boulons sur la jante, dont le remplacement ne nécessite qu'un quart d'heure. Pour faire connaître leur invention, ils équipent les vélocipèdes qui participent à la course Paris-Brest-Paris, épreuve remportée par le français Charles TERRONT en 71 heures et 30 minutes, avec huit heures

(45) Le premier véhicule à explosion, à combustion interne de pétrole est construit et conduit sur route en 1883 par les français Édouard DELAMARE-DEBOUTTEVILLE et Léon MALADIN. En 1889, l'ingénieur allemand Gottlieb DAIMLER améliore le système et crée un moteur au gaz de pétrole, petit et léger, en comparaison des engins à vapeurs de l'époque, qui peut être considéré aujourd'hui comme l'ancêtre de nos machines actuelles à essence.

d'avance sur le second dont le vélo est équipé de pneumatiques collés, selon la méthode « Dunlop ». En Europe, on utilisera rapidement la technique de la double enveloppe, chambre gonflée à l'air entourée d'un pneumatique, alors que dans les pays anglo-saxons, on restera fidèle au tube simple, qui présentait l'avantage d'être plus léger mais l'inconvénient majeur d'être beaucoup plus fragile et surtout plus difficile et long à réparer. On peut taxer la bicyclette d'avoir donné son premier élan à l'industrie du caoutchouc. En février 1895, les frères MICHELIN équipent de pneumatiques la première voiture attelée, un fiacre silencieux circule enfin dans Paris.

Pour ce qui concerne les voitures non attelées de chevaux, qu'elles soient propulsées par un moteur à vapeur ou à gaz de pétrole, le problème majeur rencontré, compte tenu de la vitesse élevée qu'elles peuvent atteindre sur des chaussées mal carrossées, est la fragilité de la roue, organe de transmission directe des efforts et des chocs entre la route et le châssis du véhicule. Ce sont les frères MICHELIN qui établissent les premiers le diagnostic : il faut adapter aux véhicules la technique mise au point pour les bicyclettes, c'est-à-dire habiller les roues de pneumatiques. Cela n'enchant pas particulièrement les constructeurs qui trouvent l'entreprise très téméraire. Les frères MICHELIN vont donc fabriquer la voiture et la conduire.

C'est ainsi que la première voiture équipée de pneumatiques démontables, « l'Éclair »⁽⁴⁶⁾ (cf. figure 9) [19], est construite à partir d'un châssis Peugeot de 2,5 CV et d'un lourd moteur de bateau Daimler de 4 CV. Elle prend le départ de la course Paris-Bordeaux-Paris, longue de 1 200 km, le 10 juin 1895⁽⁴⁷⁾. Au départ, il y avait six voitures à moteur

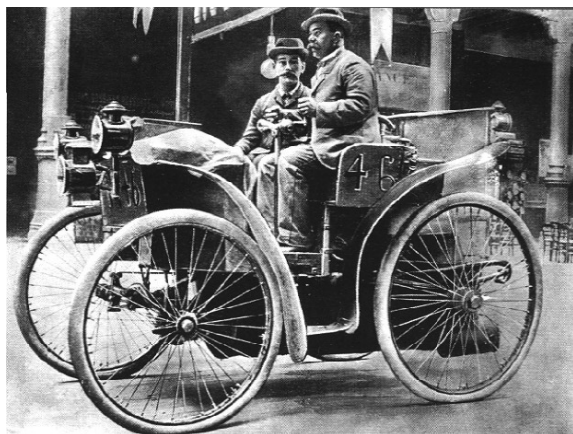


Figure 9 : L'automobile baptisée « l'Éclair », équipée de pneumatiques démontables, conduite par les frères André et Édouard MICHELIN pendant la course Paris-Bordeaux-Paris organisée en 1895 [19].

(46) Son nom, relatif à une fermeture à glissière bien connue, résultait de la propension de ce véhicule, dont la précision de la direction laissait fort à désirer, à progresser dangereusement en faisant des zigzags.

(47) Ce n'est pas la première course de voitures sans chevaux. La première se courut le 23 juillet 1894 sur le parcours Paris-Rouen (126 km) avec cinq véhicules au départ, trois avec des moteurs à pétrole et deux avec des moteurs à vapeur. À l'arrivée, les gagnantes étaient les deux voitures à pétrole Panhard-Levassor et Peugeot, avec une vitesse moyenne de 22,2 km/h.

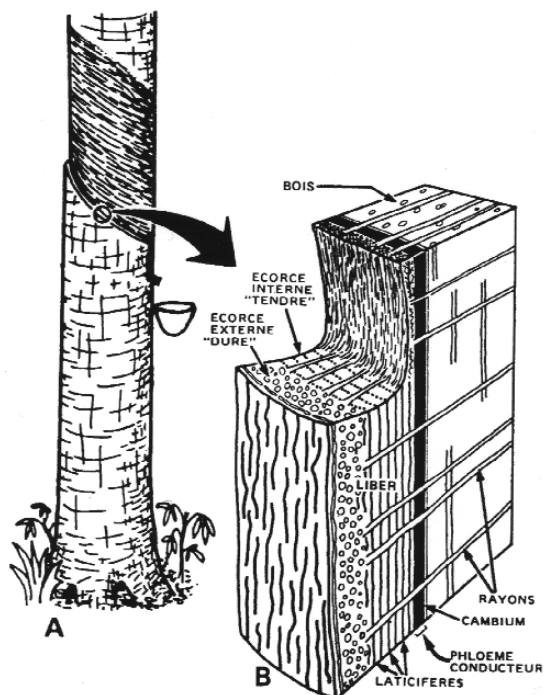


Figure 10 : Vue schématique de la saignée (A) pratiquée dans la partie interne tendre de l'écorce de l'hévéa où circulent les canaux laticifères qui véhiculent le latex (B) [20].



Figure 11 : Vue microscopique du latex qui est une suspension aqueuse contenant des globules, de couleur blanche, de caoutchouc à raison de 37 % en poids [20].

à vapeur, douze à pétrole et une électrique. Un seul véhicule à vapeur sera à l'arrivée, confirmant ainsi définitivement la supériorité du moteur à pétrole. L'« Éclair » est conduite par André et Édouard MICHELIN. C'est l'occasion de démontrer l'avantage des pneumatiques, par rapport aux roues garnies de bandages pleins en caoutchouc vulcanisé qui équipent les voitures concurrentes. Le pneumatique permet d'absorber tous les obstacles et d'ainsi protéger les passagers des hasards de la chaussée, en revanche les éclatements et crevaisons sont fréquents. Pendant l'épreuve, André et Édouard MICHELIN seront victimes de nombreuses avaries (les pneumatiques éclataient tous les 150 km environ !). Le vainqueur de la course sera LEVASSOR avec une moyenne de 24,6 km/h. L'année suivante, c'est encore une voiture sur pneumatiques qui gagne la course Paris-Nice. À cette époque, le nombre d'automobile dans le monde est estimé à trois mille.

Le 1^{er} mai 1899, la voiture électrique « La jamais contente » conduite par le belge JENATZY et équipée de petites roues garnies de pneumatiques Michelin, passe, pour la première fois dans l'histoire de l'automobile, la barre des 100 km/h. Cet exploit a eu lieu dans la plaine d'Achères, en région parisienne, le kilomètre lancé ayant été parcouru en trente-quatre secondes. En cette fin du XIX^e siècle, dix années après l'anglais RIDLEY⁽⁴⁸⁾, qui invente la saignée moderne de l'hévéa, par enlèvement d'une épaisseur d'écorce et poursuite des incisions sur la même blessure pour obtenir le maximum de latex, PARBIN et WILLIS publient leur méthode d'incision de l'écorce et la technique de récolte du latex dans des godets en fer blanc. L'incision demande un soin particulier, ce que l'on ignorait au départ. On sait aujourd'hui qu'il faut atteindre la partie tendre de l'écorce interne (cf. figure 10), là où circulent les canaux laticifères qui, comme leur nom l'indique, véhiculent de latex, solution aqueuse colloïdale qui contient en moyenne 37 % en poids de globules de caoutchouc sphéroïdes, ovoïdes ou encore piriformes (cf. figure 11).

CONCLUSION

C'est avec les véhicules automobiles que le caoutchouc va trouver sa voie royale, les inventions de GOODYEAR, de THOMSON, de DUNLOP et des frères MICHELIN marqueront en effet le début de l'industrie du pneumatique pour automobiles, qui entraînera une demande croissante de caoutchouc pour les besoins du siècle à venir [20, 21]. En cette fin du XIX^e siècle, la production mondiale de caoutchouc est alors est de 53 000 tonnes, tandis que la consommation française s'élève à 6 800 tonnes.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] SERIER J.-B. *Histoire du caoutchouc*. Paris : Éditions Desjonquères, 1993.
- [2] SOUSTELLE J. *La vie quotidienne des Aztèques à la veille de la conquête espagnole*. Paris : Hachette, 1955.

(48) En 1888, l'anglais RIDLEY est nommé directeur du jardin botanique de Singapour. Il se trouve à la tête d'un millier d'arbres adultes en âge d'être saignés.

- [3] SERIER J.-B. Importance et symbolisme du caoutchouc chez les Précolombiens de l'aire mésoaméricaine. *Caoutchoucs et plastiques*, 1988, n° 683, p. 45-49.
- [4] SERIER J.-B. Utilisation et symbolisme du caoutchouc dans l'Amérique précolombienne. *Caoutchoucs et plastiques*, 1991, n° 706, p. 29-31.
- [5] SCHURER H. The origin of the word « caoutchouc ». *Journal of Rubber Research*, 1949, n° 18, p. 45-49.
- [6] SCHURER H. Rubber - A magic substance of Ancient America. *Rubber Journal*, avril 1957, p. 543-549.
- [7] BURLAND C. A. Discovery of rubber objects over seven centuries old. *Journal of Rubber Research*, 1949, n° 17, p. 95.
- [8] SERIER J.-B. Caoutchouc naturel. De 1500 à 1800 : 3 siècles oubliés ou Des Aztèques à MACKINTOSH. *Caoutchouc et plastiques*, 1991, n° 707, p. 91-95.
- [9] TRYSTRAM F. *Le procès des étoiles*. Paris : Éditions Seghers, 1979.
- [10] SERIER J.-B. *Les Barons du caoutchouc*. Paris : Éditions Karthala, 2000.
- [11] PALU S. Guayule, le bout du tunnel. *Caoutchoucs et plastiques*, 1988, n° 680, p. 165-172.
- [12] WARSCHNITTER J. *À la rencontre d'HUTCHINSON*. Paris : Éditions Chotard, 1980.
- [13] SERIER J.-B. La légende de WICKHAM ou la vraie-fausse histoire du vol des graines d'hévéas au Brésil. *Cahiers du Brésil contemporain*, 1993, n° 21, p. 9-19.
- [14] LE BRAS J. L'origine des plantations : Robert CROSS et Henry WICKHAM. *Revue générale du caoutchouc*, 1941, n° 18, p. 351-352.
- [15] SERIER J.-B. et VAN DYK A. Première introduction de l'hévéa en Afrique. *Caoutchoucs et Plastiques*, 1983, n° 634, p. 63-67.
- [16] LANE E. V. Sir Henry WICKHAM : British Pioneer. *The rubber age*, 1953, n° 73, p. 649-656.
- [17] SERIER J.-B. Avant le pneumatique. *Caoutchoucs et plastiques*, 1987, n° 669, p. 107-111.
- [18] 100 ans de progrès pour servir. *Documentation Michelin*, Paris, 1991.
- [19] The tyre digest. *Documentation Michelin*, Paris, 2002.
- [20] BARQUINS M. Les matériaux caoutchouteux : I. Leurs principales propriétés mécaniques et tribologiques. *Bull. Un. Phys.*, octobre 1995, vol. 89, n° 777, p. 1513-1565.
- [21] BARQUINS M. Les matériaux caoutchouteux : II. Application à l'étude du roulement et de l'usure des pneumatiques. *Bull. Un. Phys.*, novembre 1995, vol. 89, n° 778, p. 1721-1757.



Michel BARQUINS

Docteur d'État ès sciences physiques
 Directeur de recherche au CNRS
 Professeur à l'ETSL