

Zeitschrift: Technique agricole Suisse
Herausgeber: Technique agricole Suisse
Band: 77 (2015)
Heft: 3

Rubrik: Les pneumatiques agricoles Michelin : une merveille de technologie

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 05.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Les pneumatiques agricoles Michelin – une merveille de technologie

Pour fabriquer un pneu, on coule juste le caoutchouc dans un moule et on le fait cuire ? Les choses ne sont évidemment pas aussi simples. Un pneu, et à plus forte raison un pneu de tracteur, est un produit complexe, tant du point de vue de la composition que des technologies mises en œuvre. Une visite fort instructive chez Michelin, l'inventeur du pneu à carcasse, nous l'a confirmé.

Dominik Senn



Pneus de tracteurs avant et après conformation à l'usine Michelin de Valladolid (Espagne), où sont fabriqués les pneus destinés aux machines agricoles. (Images communiquées par l'usine/Dominik Senn)

Les principales matières premières sont le caoutchouc naturel et le caoutchouc synthétique (de couleur jaune).



Bonne capacité de traction et de charge, respect du sol, pouvoir autonettoyant, économies de carburant, aptitude aux vitesses élevées, vibrations réduites, atténuation du bruit et longévité : telles sont les principales qualités que les fabricants de pneumatiques agricoles doivent s'efforcer de réunir simultanément dans leurs produits. La société Michelin est certainement à la pointe de l'innovation et de la qualité. L'équipe de *Technique Agricole* a pu s'en persuader en visitant son siège à Clermont-Ferrand, puis son centre de technologie dans la commune voisine de Ladoux, et pour finir l'usine de Valladolid, en Espagne, qui fabrique notamment les pneumatiques pour tracteurs.

Les composants de base

Gommes à base de caoutchouc naturel et synthétique, noir de carbone, câbles métalliques, fibres textiles, agents chimiques

(notamment du soufre, qui joue un rôle essentiel dans la vulcanisation), tels sont les principaux éléments constitutifs d'un pneu à usage agricole. En réalité, plus de 200 ingrédients entrent dans la fabrication d'un pneu moderne. Les principaux composants sont divisés en cinq catégories :

1. caoutchouc naturel
2. caoutchouc synthétique
3. noir de carbone et silice (charges pour une meilleure résistance à l'abrasion)
4. nappes métalliques et textiles (squelette du pneu)
5. adjuvants chimiques pour obtenir certaines propriétés telles qu'une bonne adhérence et une faible résistance au roulement.

Le mot « gomme » vient du mot « kami » en égyptien ancien, et « caoutchouc » est né de l'union de deux mots amérindiens « cao » et « tchou », qui ensemble signi-

fient « bois qui pleure ». Le caoutchouc naturel, complété par du caoutchouc synthétique, constitue la principale matière première entrant dans la fabrication des pneus modernes. Du soufre est ajouté à ce mélange pour permettre la vulcanisation, ainsi que du noir de carbone et de la silice pour diminuer l'abrasion du pneu, et des huiles, des graisses et des plastifiants pour préserver son élasticité. En 1992, Michelin a remplacé partiellement le noir de carbone par de la silice pour diminuer la résistance au roulement, lançant ainsi la première génération de pneus « verts », caractérisés par une consommation de carburant réduite. Il faut savoir que jusqu'à 20 % de la consommation d'un véhicule sont imputables aux pneus. Un plein sur cinq est ainsi consommé juste pour surmonter la résistance au roulement. A chaque tour de roue, la partie profilée du



Le mélange des gommés (dont la composition est tenue secrète) est malaxé dans des calandres, puis convoyé jusqu'aux rouleaux de préchauffage.



Nappe carcasse en rouleau, formée d'une nappe textile enrobée de caoutchouc.



Fabriquées séparément, les bandes de gomme profilées destinées à recevoir les tringles sont placées sur un convoyeur en attendant d'être posées sur la nappe carcasse.



La nappe carcasse est découpée à la longueur correspondant à la circonférence du pneu, puis collée.



La gomme d'étanchéité est étirée en bande, refroidie et entreposée.

pneu se déforme au contact du sol, ce qui génère un échauffement du caoutchouc. Ce phénomène explique à lui seul 90 % de la résistance au roulement du pneu.

La silice, ou plus précisément l'oxyde de silicium, est une poudre blanche qui constitue un ingrédient important du mélange des gommés avec lesquelles on fabrique la bande de roulement du pneu. Outre la silice, ce mélange comporte un grand nombre d'autres ingrédients, et la composition varie considérablement selon le type et l'utilisation prévue du pneu. La silice a pour effet de stabiliser le réseau de liaisons entre les différents matériaux du mélange de gommés. Par rapport aux assemblages carbone-soufre habituelles, les liaisons à trois (soufre, carbone et silice) augmentent la tenue du matériau, et donc sa solidité à la déchirure. L'abrasion diminue, le kilométrage augmente. En outre, le pneu adhère mieux à la route car, grâce à sa meilleure tenue, il devient possible de le fabriquer à partir de gommés moins durs.

Les semi-finis

Pendant le processus de fabrication, des convoyeurs transportent le mélange de gommés depuis les calandres jusqu'aux machines de transformation, en passant par les rouleaux de préchauffage. Après un malaxage prolongé, les mélanges de gommés sont étirés en longues feuilles, qui sont ensuite refroidies avant d'être entreposées pour la suite du traitement. Chaque produit semi-fini fait l'objet d'un traitement spécifique : feuilles de caoutchouc, nappes textiles et métalliques, flancs, tringles. La couche

intérieure, qui forme l'équivalent moderne de la chambre à air, est constituée d'une bande en caoutchouc synthétique étanche à l'air. Elle est surmontée de la carcasse, formée par de fins rubans textiles parallèles incorporés entre deux couches en caoutchouc. Ce sont les fibres de la carcasse qui assurent la tenue à la pression du pneu et sa capacité de charge. Les fibres sont au nombre de 1400, chacune capable de résister à une force de 15kg. Le bourrelet se trouve à l'interface entre le pneu et la jante. C'est lui qui permet, à travers la bande de roulement du pneu, de transmettre à la route la puissance utile du moteur et les efforts de freinage.

Pour cela, la tringle enfermée dans le bourrelet appuie fermement le pneu contre la jante. Chaque brin d'acier de la tringle est capable de supporter une charge de 1800kg sans casser.

Le flanc du pneu assure la protection en cas de heurt contre une bordure, un nid de poule, etc. Des informations concernant le pneu y sont gravées (cf. n° 1/2015, rubrique « En savoir plus »). La nappe de ceinture réduit l'échauffement dû au frottement et garantit l'absence de déformation du pneu à vitesse élevée. Il s'agit d'une couche de caoutchouc incorporant des fils de nylon renforcés. Elle est placée sur toute la périphérie du pneu et sert à empêcher sa dilatation sous l'effet de la vitesse. La dernière couche est la bande de roulement, dont la surface de contact avec la route a environ la taille d'une carte postale (dans le cas d'une voiture). C'est elle qui transmet les efforts du véhicule à la surface de la route.

Différentes nappes de ceinture en textile et en acier sont posées, ainsi que la gomme destinée à former la bande de roulement.

Confection de la carcasse

«La fabrication de l'ébauche de pneu comporte deux grandes étapes, à savoir la confection de la carcasse et la finition de l'ébauche», nous a déclaré José Alberto Ancin Ducay, responsable de production, durant la visite guidée à Valladolid. Au début, les différents semi-finis sont placés sur un tambour dont le diamètre est égal au diamètre nominal du pneu. On commence par poser une large feuille de caoutchouc synthétique étanche à l'air (la gomme d'étanchéité), suivie d'une nappe de câbles textiles enrobés de caoutchouc (la carcasse) et de deux bandes de gomme profilées contre lesquelles les deux tringles vont être placées. La nappe carcasse est ensuite rabattue sur les tringles. Une protection pour la couche de ceinture, les bandes de caoutchouc qui vont former les bourrelets et pour finir les flancs sont également mis en place.

L'ébauche de pneu

Le processus de finition de l'ébauche consiste à donner à la carcasse la forme du



Lissage de la couche extérieure à l'aide d'un rouleau.



futur pneu. Pour cela, le tambour portant la carcasse est gonflé, ce qui a pour effet de rapprocher les deux tringles situées de part et d'autre. Ce processus est appelé conformation. Les opérateurs posent alors successivement les différents rubans de la ceinture, constitués de textile et d'acier, et enfin la surface de roulement. «L'ébauche de pneu complète ne doit pas avoir de cohésion qu'à la capacité adhésive du caoutchouc brut», a expliqué José Ducay. L'ébauche de pneu est alors retirée du tambour.

La cuisson

«La vulcanisation, également appelée cuisson, fait passer les matériaux du pneu de l'état plastique (cru) à l'état élastique, créant une nouvelle structure de liaison entre les différents composants», a poursuivi José Ducay. La vulcanisation se déroule dans des presses dédiées, qui opèrent à la fois sous l'effet de la chaleur et de la pression. L'ébauche de pneu est placée dans un moule de cuisson, qui est ensuite hermétiquement fermé. Une membrane remplie d'eau sous pression repousse le pneu contre les parois du moule (formage à froid), ce qui lui donne son contour et son profil définitifs. Ensuite la cuisson est initiée par une injection de vapeur.

Le contrôle qualité

Chaque étape de la fabrication du pneu agricole, de la réception des matières premières à l'expédition du produit fini, est contrôlée et documentée. Des systèmes de surveillance ont été mis en place pour garantir la conformité des processus de fabrication avec les exigences de qualité en vigueur chez Michelin. Après la cuisson, chaque pneu agricole est soumis à un contrôle final détaillé. Différents tests sont réalisés: contrôle visuel et essais aux ultrasons, vérification de la régularité et de la structure. Les non-conformités telles la présence de bulles ou de hernies, même à peine perceptibles, sont impitoyablement sanctionnées par la mise au rebut du pneu à peine fabriqué, comme nous avons pu le constater lors de notre visite.

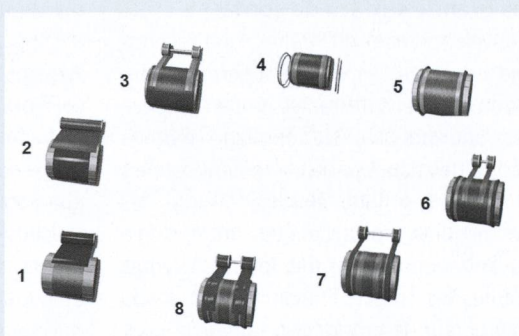
Dix ans de technologie Ultraflex

Michelin a inventé le pneu radial en 1946 et a commercialisé son premier pneu pour engins agricoles en 1970. Il y a une dizaine



Les étapes de la fabrication de l'ébauche: début (1) et fin (2) de la conformation, pose de la première nappe de ceinture (3) et d'autres nappes (4), pose de la bande de roulement (5), retrait de l'ébauche du tambour.

La fabrication de la carcasse commence par la pose de la gomme d'étanchéité (1), de la nappe carcasse (2) et des deux bandes profilées (3) destinées à recevoir les tringles (4). Après la mise en place de ces dernières, la nappe carcasse est rabattue sur les tringles (5), puis une protection pour la couche de ceinture (6) est posée, ainsi que les bandes de caoutchouc qui vont former les bourrelets (7) et pour finir les flancs (8). (Illustrations: Michelin)

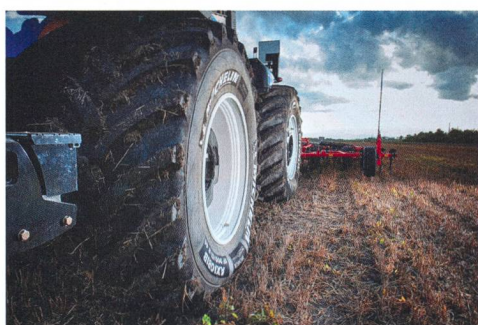




Une fois la cuisson à la vapeur de l'ébauche terminée, le pneu encore fumant est retiré de l'étuve (on entraperçoit en bas le moule qui a permis d'imprimer les sculptures sur le pneu).



Dans le cadre du contrôle qualité, une collaboratrice effectue des mesures et procède à un contrôle visuel sur le pneu en rotation.



Le pneu AxioBib doté de la technologie Ultraflex rend d'excellents services sur sols lourds et détrempés.

Données et chiffres de Michelin

Année de création de la société: 1889

Siège social: Clermont-Ferrand (F)

Production: 69 sites de production dans 18 pays

Portefeuille de marques:

Michelin, BFGoodrich, Kleber, Uniroyal, Krieger, Kormoran, Riken, Stier, Tigar, Pneu Laurent, Recamic, Michelin Remix.

Collaborateurs: 113 400 au niveau mondial

Recherche et développement:

plus de 6600 collaborateurs en Europe, en Amérique du Nord et du Sud et en Asie

Chiffre d'affaires net en 2013:

20,25 milliards d'euros

Production annuelle: 171 millions de pneus pesant de 19 kg à 5300 kg et d'un diamètre compris entre 68 cm et 403 cm (plus grand pneu du monde)

13 millions de cartes et de guides vendus dans 170 pays, 1,2 milliard d'itinéraires calculés par ViaMichelin

Filiales: plus de 3500 filiales et franchises dans 29 pays.



Au cours d'un test sur une piste de sable, la surface de contact et la profondeur des ornières de différents pneus sont mesurées et comparées en les visualisant à l'écran (image incrustée).

d'années, le groupe a mobilisé tout son savoir-faire pour offrir à l'agriculture une gamme complète de pneus basse pression, apte à répondre à tous les besoins, du début à la fin du cycle de récolte :

- pour les tracteurs: Michelin XeoBib, AxioBib et YieldBib
 - pour les moissonneuses-batteuses: Michelin CerexBib
 - pour les pulvérisateurs de produits phytosanitaires: Michelin SprayBib
 - pour les remorques: Michelin CargoXBib
- Les machines agricoles ont tendance à s'enfoncer lorsqu'elles roulent sur un sol meuble détrempé. Ce phénomène entraîne un compactage du sol avec pour corollaire la compression de pores qui, sinon, transporteraient l'eau et l'air. La conséquence est que le développement des plantes est entravé et les rendements agricoles diminuent. Au moins 45 % de la surface d'un champ de céréales est parcourue par une machine agricole au cours d'une année (Kroulik et al, 2009); et ce pourcentage peut facilement atteindre, voire dépasser, les 90 %. Les pneus basse pression permettent de remédier efficacement à cette situation, car ils évitent de trop écraser les pores. En améliorant la protection des sols, ils permettent une productivité accrue et des rendements supérieurs.

Plus grande surface de contact

Le développement d'Ultraflex, une technologie innovante de carcasse, a permis la réalisation de pneus utilisables en permanence avec une pression de gonflage réduite. Grâce à des flancs particulièrement souples qui permettent une élasticité accrue, les pneumatiques dotés de cette technologie peuvent supporter de très lourdes charges à toutes les vitesses. Selon une étude du constructeur, la productivité annuelle peut être améliorée de 4 %, d'autant plus que le

gonflage à basse pression assure non seulement une meilleure capacité de charge et une vitesse d'avancement accrue, mais aussi une meilleure capacité de traction. Sur la base du rendement de 8 tonnes par hectare déterminé dans le cadre de l'étude, et compte tenu d'un prix de 200 € par tonne de froment, on obtient un revenu supplémentaire de 64€ par hectare et par an. Etant donné que l'investissement dans un jeu de pneus Ultraflex se chiffre à seulement 1,20€ par hectare et par tracteur (1€ de plus par hectare pour une moissonneuse-batteuse et 0,50€ de plus par hectare pour une remorque), le retour sur investissement dans ce scénario dépasse les 24 %.

La couveuse de nouvelles technologies de Michelin

Michelin est synonyme d'innovation en matière de pneus. La couveuse de nouvelles technologies est située à Ladoux, près du siège de la société à Clermont-Ferrand. Le centre de technologie comporte 79 bâtiments et 20 différents parcours de test. C'est ici qu'Emmanuel Ladent, directeur de la division pneumatique agricole, et Jean-Paul Gauthier, responsable Recherche et Développement, nous ont organisé une démonstration avec les fleurons de leur production: SprayBib, le nouveau pneu pour engins de pulvérisation, AxioBib 900/65 R 46, le pneu destiné aux tracteurs haute performance, XeoBib, le pneu qui limite la compaction du sol, et CargoXBib High Flotation, le pneu pour remorques et engins autoporteurs associé à un système permettant d'adapter la pression de gonflage. Les installations d'essai et de recherche sont vraiment impressionnantes. Une piste de sable permet des études comparatives entre différents pneus, qui seraient difficiles à réaliser en plein champ de manière aussi analytique et repro-

ductible. Tout au long du parcours de test, la surface de contact et la profondeur des ornières d'un XM 108 et d'un XeoBib ont été mesurées. Le résultat est sans appel : par rapport au XM 108, le XeoBib présente une surface de contact plus longue de 24 %, en même temps que la profondeur de ses ornières est réduite de 55 %. Une tranchée a été creusée, puis remplie avec des couches de sol de couleurs alternées pour mesurer la profondeur des ornières laissées par les pneumatiques des tracteurs et étudier leur impact sur la compaction du sol. Après le passage du tracteur, les techniciens ont creusé une tranchée perpendiculaire aux ornières pour mesurer et analyser la déformation des différentes couches. Il s'est avéré que la technologie Ultraflex permet de réduire la compaction de presque 20 % par rapport au pneu traditionnel.

Economies de carburant – longévité

La grande surface de contact des pneus à faible pression de gonflage présente un avantage supplémentaire : elle confère aux pneus du tracteur une capacité de traction particulièrement élevée. Les tests sont formels : le glissement réduit et la faible profondeur des ornières permettent une baisse sensible de la consommation de carburant. La longévité des pneus agricoles est mesurée à l'aide d'un essai d'usure accélérée, réalisé 24 heures sur 24, sans conducteur, mais dans des conditions d'utilisation réelles, en simulant les différents types d'utilisation. Après le test, le profil du pneu est soumis à une analyse approfondie. Ce test, basé sur l'analyse de l'usure des sculptures à plusieurs endroits du pneu, permet des études comparatives entre pneus agricoles de différents types, séries ou compositions. Les résultats

sont ensuite corroborés en faisant tester les pneus dans des exploitations agricoles réelles.

La conception du profil

Un mot sur le rôle des sculptures du pneu sur route mouillée : plus le profil du pneu comporte de rainures, plus grande sera la quantité d'eau évacuée entre la surface de contact et la route, et meilleure sera l'adhérence du pneu. Le dessin des sculptures (symétriques, asymétriques ou directionnelles) détermine la vitesse à laquelle l'eau est rejetée de la surface de contact. Des incisions fines sur la bande de roulement, appelées lamelles, améliorent la capacité de traction sur route mouillée ou verglacée en aidant les rainures plus profondes à chasser l'eau, à la manière d'un essuie-glace.

Profil idéal du pneu sur route sèche : un profil plat avec un épaulement carré confère une bonne assise au pneu, notamment pour garder ses appuis dans les virages. Plus le nombre de rainures est faible, plus grande sera la surface de gomme au contact du sol, donc l'adhérence. Des pains de gomme larges et massifs réduisent la flexibilité de la sculpture et augmentent la précision du pilotage. Les lamelles présentes dans les pains de gommes réduisent la rigidité de la sculpture. Pour inverser cet effet, Michelin a mis au point des lamelles autobloquantes, une lamellisation complexe en trois dimensions.

Plantations d'hévéas

Les chiffres communiqués par Michelin prétendent que les cultures d'hévéas assurent un revenu à environ 30 millions de personnes. Les manufacturiers du pneumatique consomment près de 70 % de la production mondiale de caoutchouc naturel. C'est donc

à eux qu'échoit la responsabilité d'assurer la pérennité de cette ressource. Quant à la société Michelin, elle cultive depuis plusieurs décennies des plantations d'hévéas sur 21 000 ha au Brésil et au Nigéria, qui couvrent ainsi 12 % de ses besoins mondiaux en caoutchouc naturel. ■

Les étapes marquantes

- 1889 :** La société Michelin et Cie est créée à Clermont-Ferrand
- 1891 :** Premiers brevets
- 1895 :** L'Eclair est la première voiture à rouler sur pneus
- 1898 :** Naissance de Bibendum, la mascotte de Michelin
- 1900 :** Parution du premier guide Michelin
- 1910 :** Première carte routière à l'échelle 1:200 000
- 1913 :** Michelin invente la jante démontable en acier
- 1923 :** Premier pneu tourisme à basse pression (2,5 bars).
- 1926 :** Premier Guide Vert touristique
- 1930 :** Michelin dépose le brevet d'un pneu à chambre à air incorporée
- 1938 :** Michelin commercialise le METALIC, premier pneu à carcasse en acier pour poids lourd
- 1946 :** Michelin invente le pneu à carcasse radiale
- 1952 :** Michelin invente le pneu à carcasse radiale pour poids lourds
- 1970 :** Michelin commercialise un pneu à usage agricole
- 1979 :** Le pneu radial Michelin est champion du monde de Formule 1
- 1981 :** MICHELIN Air X, le premier pneu radial pour avions
- 1989 :** Michelin lance le premier service de calcul d'itinéraire en ligne
- 1992 :** Lancement du pneu MICHELIN ENERGY à faible consommation de carburant
- 1995 :** La navette spatiale américaine atterrit sur pneus Michelin
- 1996 :** Michelin invente le pneu PAX-System à accroche verticale
- 2001 :** Michelin commercialise le plus grand pneu du monde pour engins de terrassement
- 2004 :** Lancement du XEOBIB, premier pneu agricole à basse pression constante
- 2005 :** Michelin équipe en pneus le nouvel Airbus A-380
- 2007 :** Lancement du pneu MICHELIN ENERGY Saver (économisant presque 0,2 litre de carburant sur 100 kilomètres)
- 2009 :** 100^e édition du guide Michelin pour la France
- 2010 :** Lancement des pneus Pilot Sport 3 et Pilot Super Sport
- 2013 :** Lancement du pneu X® LINE Energy destiné aux poids lourds à usage grand routier (presque 0,74 litre de carburant économisé sur 100 km)
- 2014 :** Lancement du pneu X® Multi T



La profondeur des ornières produites par les pneus du tracteur et leur impact sur la compaction du sol sont matérialisés par la déformation permanente des couches de terre de couleur alternée, ce qui permet de les mesurer.