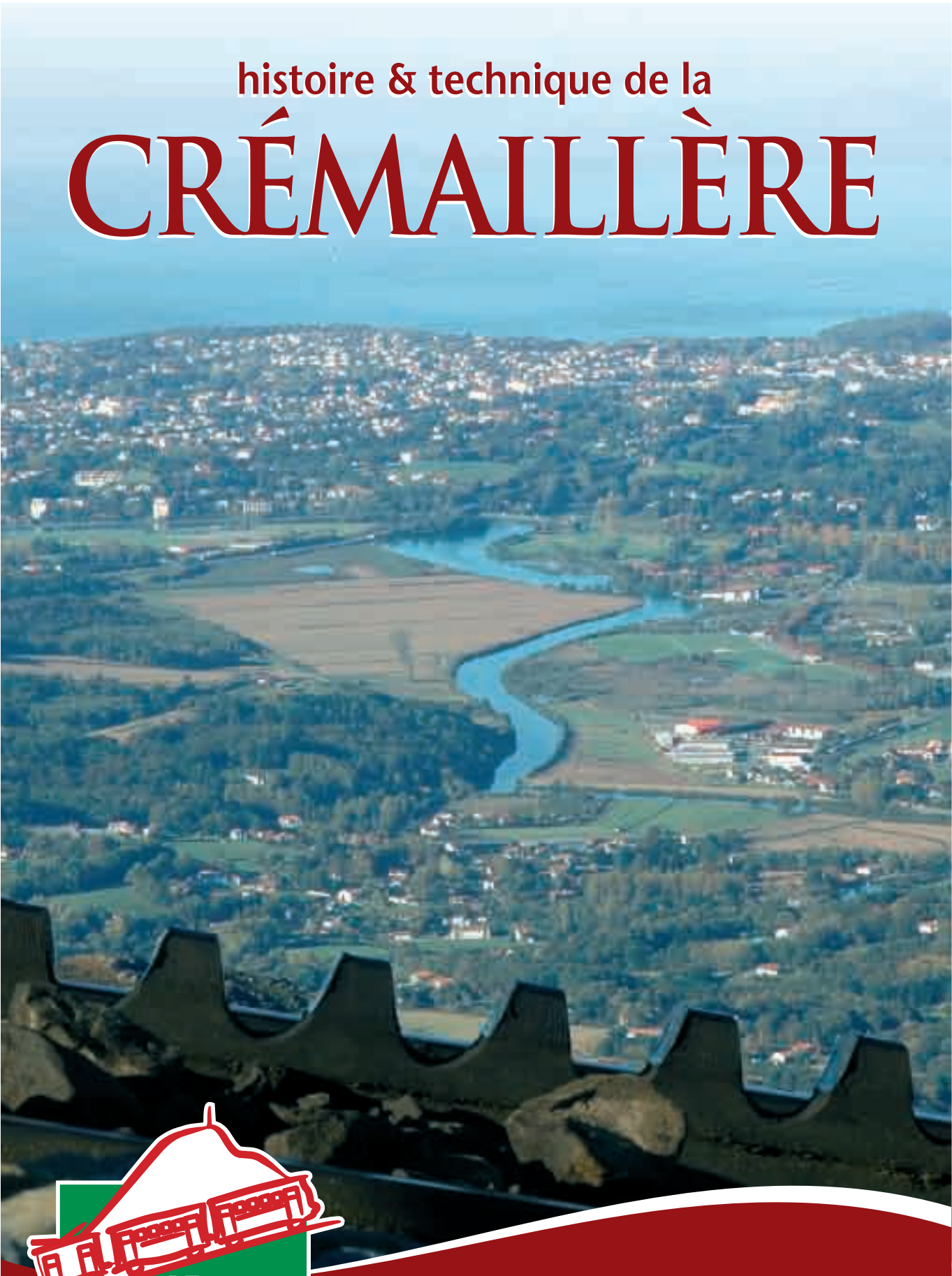
histoire & technique de la

CRÉMAILLÈRE



LE PETIT TRAIN DE LA RHUNE

DEPUIS 1924

Le Petit Train de la Rhune...

un train à crémaillère !

www.rhune.com

VEOLIA TRANSPORT

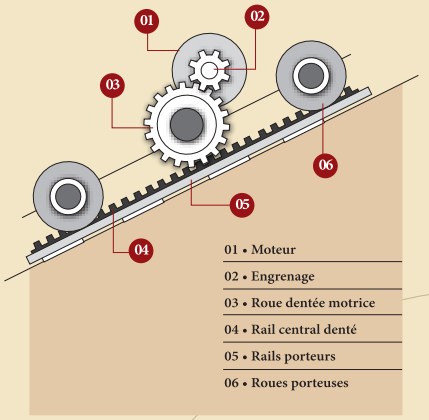
• Qu'est-ce qu'un train à crémaillère ?

Un train à crémaillère est un train qui permet de gravir des pentes plus importantes que les trains classiques, grâce à un mécanisme de roues dentées.

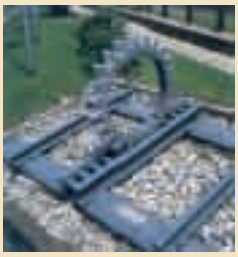
En général, la friction des roues sur le rail, appelée « adhésion » utilise la puissance de la machine. Le train traditionnel peut alors gravir des pentes de 4 à 6 %. Si le pourcentage de pente est supérieur à 6 % et ce jusqu'à 48 %, il est nécessaire d'installer une crémaillère. Une roue dentée s'encastre alors dans un rail spécial également denté, appelé crémaillère.

Avec la crémaillère, les chemins de fer ont conquis les montagnes à une époque où le train était le seul moyen de transport.

Schéma de principe de la crémaillère



• Différents systèmes de crémaillère

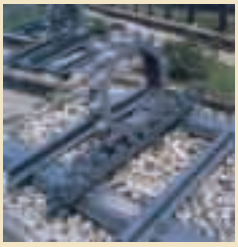


› *Le système* ***Riggenbach***

A été conçu par l'ingénieur *Niklaus Riggenbach* pour le chemin de fer du *Rigi* (Suisse) en 1871. Une roue dentée verticale s'enclenche sur une sorte d'échelle horizontale composée de barreaux à section carrée.

› *Le système* ***Locher-Freuler***

A été conçu par un homme d'affaire suisse, *Locher Freuler* pour le chemin de fer du *Mont Pilate*, aujourd'hui encore, c'est la ligne la plus raide du monde (1889). Le système présente deux roues dentées horizontales qui s'enclenchent de part et d'autre d'un rail à double denture posé à plat. Système peu utilisé.



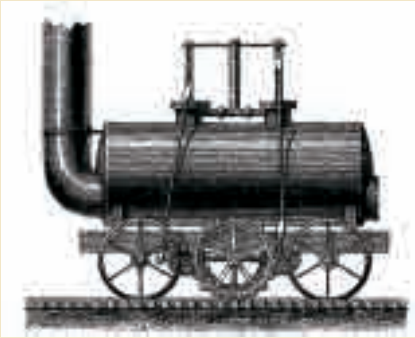
› *Le Système* ***Abt***

A été conçu par l'ingénieur suisse *Roman Abt*. Deux ou trois rails dentés légèrement décalés sur lesquels s'enclenchent deux ou trois roues dentées verticales. Ce système permet une meilleure continuité dans l'effort de traction

› *Le système* ***Strub***

A été conçu par l'ingénieur suisse *Strub*. C'est le système le plus simple : une roue dentée verticale s'engrène sur le rail dentée.
Le Petit Train à crémaillère de La Rhune utilise ce système.

• Historique de la crémaillère



La première machine à crémaillère,
" La Salamanca "
24 juin 1812.

Deux cylindres verticaux dans la partie supérieure de la chaudière dont les pistons actionnaient la roue dentée. D'un poids de 5 tonnes elle atteignait la vitesse de 6.4 km/h

En 1811, *John Blenkinsop*, directeur anglais des houillères de *Middleton* voulait trouver un moyen de réduire les coûts de transport de charbon vers la ville voisine de Leeds. *Blenkinsop* et *Mathew Muray*, ingénieur de Leeds ont eu l'idée de construire une locomotive. Seulement, les ingénieurs craignaient que la simple adhérence ne suffise pas pour que la locomotive entraîne le train. En effet, ils pensaient que suivant les lois mathématiques une locomotive pesant 20 tonnes ne pouvait entraîner un train pesant le même poids sans patiner puisque les deux poids s'équilibraient et les roues étaient lisses.

Et voilà comment apparaît l'idée de fabriquer une chemin de fer à crémaillère, non pas pour gravir des pentes très raides, mais surtout pour permettre à la locomotive d'avancer sans patiner. *Blenkinsop* déposa un brevet pour le rail cranté (la crémaillère) d'un seul côté de la voie sur lequel la roue dentée vient s'engager comme un engrenage. Ainsi naquit "*la Salamanca*". Ils en construisirent trois de plus, mais cette locomotive était coûteuse. Ce système a été utilisé jusque dans les années 30.

En 1857 démarra la percée du tunnel du Mont Cenis permettant de relier la France à l'Italie. Sachant que ces travaux seraient longs et les besoins de transports importants, *Napoléon III* autorisa en 1865 la construction d'une ligne de chemin de fer longeant la route impériale par le col du Mont Cenis. En 1868 : inauguration de cette ligne extraordinaire. Pour la première fois un chemin de fer utilitaire de montagne franchit un col des Alpes à plus de 2000 mètres d'altitude. L'ingénieur anglais *John Barraclough Fell* appliqua le système suivant : deux roues motrices supplémentaire, placées à l'horizontale, enserrent un troisième rail central (ce qui complète l'adhérence) afin de pouvoir gravir des pentes de 9%, jusque-là inabordables.

Parallèlement, aux Etats-Unis, dans les années 1850, *Sylvester Marsh*, ingénieur et homme d'affaires américain, décida de gravir à pied les pentes du Mont Washington (1917m), dans le New Hampshire. Après s'être perdu près du sommet et avoir essuyé une violente tempête, *Marsh* eut l'idée de construire un chemin de fer à crémaillère pour en faciliter l'ascension.

Le succès du système *Fell* l'incita à l'appliquer à une voie touristique qui proposerait de monter au Mont-Washington . Mais ce système n'était pas satisfaisant sur des pentes aussi fortes. Alors l'ingénieur *Marsh* eut l'idée de réutiliser l'invention de l'anglais *Blenkinsop*, consistant à placer entre les deux rails une crémaillère, dans laquelle s'engage une roue dentée placée sous la machine.
Le 3 juillet 1869, la première crémaillère de l'histoire gravit la pente de 27 % du Mont Washington (1917m), sur une voie de 5km de long.

Ce succès attira l'attention ; deux étrangers, dont *Niklaus Riggenbach* vinrent voir cette merveille. Il améliora le système utilisé et déposa un brevet. En 1870, *Riggenbach* construisit le premier chemin de fer d'Europe : le chemin de fer à crémaillère du Righi (1798 m).

Le tourisme en chemin de fer de montagne était né !

• Historique du Petit Train de La Rhune

Au milieu du 19ème siècle, les pentes de La Rhune étaient couvertes de sentiers puisqu'on en dénombraient 90 entre les communes de Sare, Ascain et Urrugne.

L'ascension de La Rhune pratiquée de tout temps par les chasseurs du néolithiques puis par les bergers transhumants, devint célèbre le 30 septembre 1859, jour où l'Impératrice

Eugénie de Montijo, épouse de *Napoléon III* en fit l'ascension à dos de mulet.

Au début du XXème siècle, pour faire face à son succès grandissant, un train à crémaillère fut construit afin d'amener les visiteurs de plus en plus nombreux, à son sommet leur faisant profiter d'un panorama exceptionnel.

• Construction de la voie et exploitation

• C'est en 1909 que naît le projet de construire un train à crémaillère reliant le col de Saint-Ignace au sommet de La Rhune présenté par *MM. Ader, Giros et Loucheur.* Le projet fut approuvé par le conseil Municipal de Saint Jean de Luz puis d'Ascain.

• Le décret d'utilité publique édite en 1912 « *afin de mettre en valeur l'attraction renommée dite panorama de La Rhune qui, malgré les dépenses et les fatigues que nécessite l'ascension du pic par les moyens primitifs actuels, attire chaque année de plus en plus nombreux, les touristes et les baigneurs qui fréquentent les plages de Biarritz à Saint Sébastien et les stations thermales des Basses-Pyrénées* ».

• Le 24 juin 1912, le département des Basses-Pyrénées (ancien nom des Pyrénées-Atlantiques) autorise la construction et l'exploitation du chemin de fer à ses créateurs à leurs frais, risques et périls. En 1913, création de la *Société Anonymes des Chemins de Fer Basques* qui prend le nom de *VFDM* (Voies Ferrées Départementales du Midi) l'année suivante.

• Les travaux débutent dès 1912 et sont interrompus de 1914 à 1919. A la fin de la guerre, la construction reprend, elle est relativement rapide du fait de l'inexistence d'ouvrage d'art et d'un terrain naturel de bonne qualité.

Les travaux sont achevés le 30 juin 1924.

• Toujours la même technique depuis 1924...

Les motrices

Elles poussent les wagons à la montée et les retiennent à la descente. La traction ainsi que le freinage se font par les deux roues dentées centrales et sont actionnés au moyen de couples d'engrenages (double démultiplication) par deux moteurs asynchrones triphasés de 160 cv, alimentés sous 3000 V et tournant à 750 t/m.

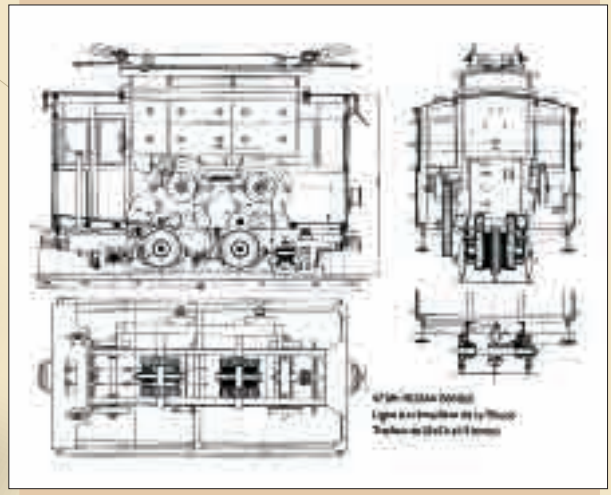
Les motrices sont équipées de deux freins à main actionnés par les deux agents de conduite et agissant sur des tambours cannelés situés de part et d'autre de chaque roue dentée. Ces freins permettent d'immobiliser le train. De plus, si la vitesse arrive à dépasser 9 km/h, un frein automatique, agissant sur les moteurs, se déclenche provoquant l'arrêt du train sur quelques mètres.

Les voitures

Les voitures en bois verni, ont été construites par les établissements Soulé de Bagnères-de-Bigorre.

Le châssis repose en amont sur un boogie, et en aval sur un essieu, ceci afin de permettre une meilleure inscription dans les courbes.
Chaque voiture possède un essieu frein pour l'immobilisation d'urgence en rampe.

Chaque train est composé de deux voitures possédant six compartiments de dix places assises chacun soit au total 120 places par train.



- Train électrique à crémaillère (voie étroite) de type Strub
- Le courant d'alimentation triphasé 50 Hz - tension de 3 000 V.

• Altitude col de Saint Ignace :	169 mètres
• Altitude au sommet :	905 mètres
• Dénivelé :	736 mètres
• Longueur de la ligne :	4,2 km
• Ecartement des rails :	1 mètre
• Rampe de :	25 %
• Nombre de poteaux caténaires :	225
• Poids machine :	17 tonnes
• Constructeur :	Brown Boveri (Suisse)
• Nombre d'essieux motrice :	2
• Vitesse du train :	9 km / h
• Durée de la montée :	30 minutes

• Un "petit train d'époque"

Une machine de 1924 bichonnée, par des "hommes" passionnés...

• Une restauration à l'identique

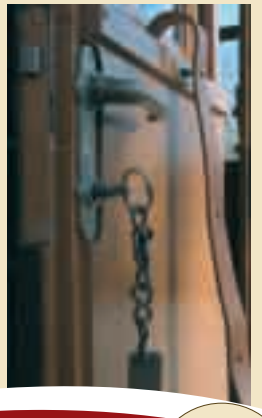
La restauration complète des voitures a été exécutée aux moyens des plans et des matériaux d'origine. Deux entreprises locales s'y sont « attelées » :

› **L'entreprise Barland,** à Bayonne, est la seule à posséder encore les plans d'origine des voitures. Elle a pris en charge la restauration des organes de roulement et du châssis des voitures.

› **L'entreprise de menuiserie Tellechea** d'Ascain, a refait toute la superstructure des voitures, et a utilisé les mêmes essences d'arbres qu'en 1924 :

- La toiture en sapin des Pyrénées,
- Le plancher en pin des Landes
- Le lambris en châtaignier de l'Ariège
- La plate-forme en iroco, bois exotique imputrescible d'Afrique

Un entretien rigoureux, une équipe attentionnée, nous permettent de vous proposer plus qu'une ascension en train à crémaillère, mais bel et bien un véritable voyage dans le temps.

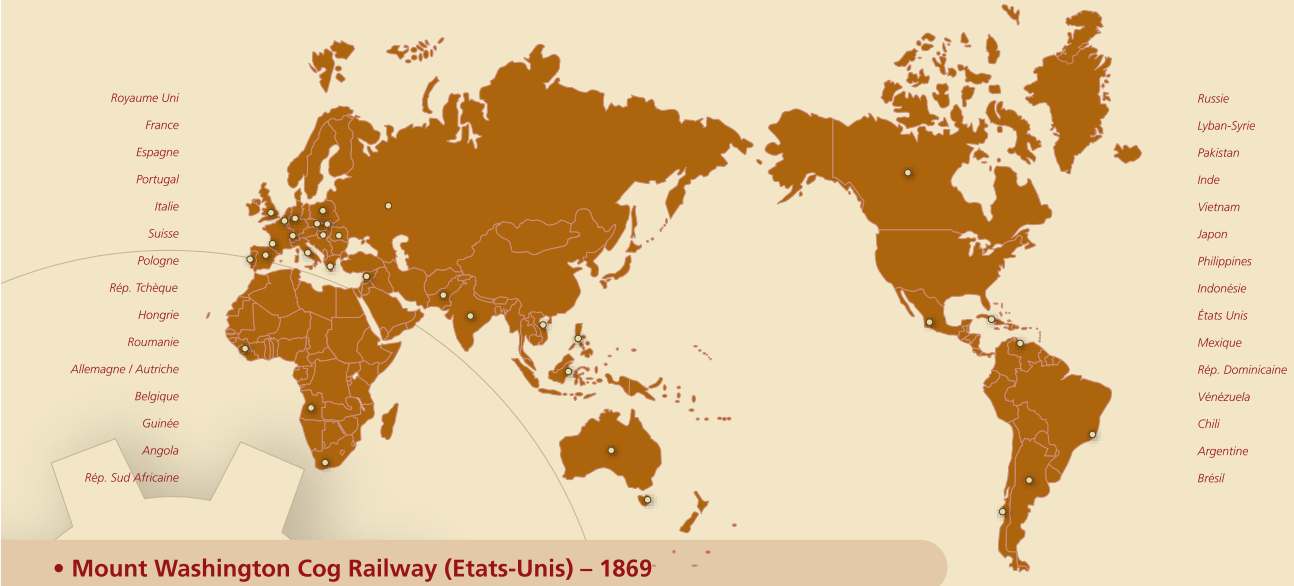


Le Petit Train de la Rhune...
un train à crémaillère !

LE PETIT TRAIN DE LA RHUNE DEPUIS 1924

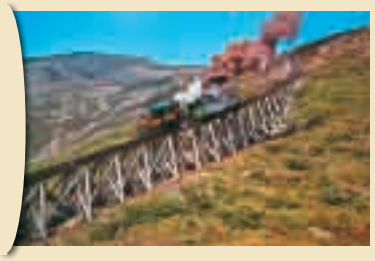
www.rhune.com

• Trains à crémaillère à travers le monde



• Mount Washington Cog Railway (Etats-Unis) – 1869

Premier train à crémaillère touristique du monde, mis en service au New Hampshire (Etats Unis), en juillet 1869, pour monter au Mont Washington



- Age :	137 ans
- Altitude :	1917 m
- Traction :	Vapeur
- Longueur de la voie :	5 km
- Pente :	37 %
- Durée du trajet :	1h à 1 h30
- Créateur :	Sylvester Marsh
- Système de crémaillère utilisé :	Blenkinsop

• Le Rigi Bahnen - Mont Rigi (Suisse) –1871

Le Rigi Bahnen est le **premier train à crémaillère en Europe** fait sa première apparition en 1871, à Lucerne pour monter au mont Rigi.

- Age :	135 ans
- Altitude :	1752 m Rigi Kulm (Départ Vitznau : 439 m à Ritgi Kalbat : 1453 m)
- Traction :	Vapeur et électrique
- Longueur de la voie :	5 km
- Durée du trajet :	30 minutes
- Créateur :	Niklaus Riggenbach
- Système de crémaillère utilisé :	Riggenbach

• Pilatus Bahnen (Suisse) – 1899

Lorsque l'ingénieur Edouard Locher, au 19ème siècle, eut l'idée de construire un train menant au sommet du Pilate, tout le monde ou presque le prit pour un fou. L'utopie devint réalité quand fut inaugurée en 1899 la ligne de 4 km 618 menant d'Alpnachstad au Pilatus Kulm. Avec une pente de 48%, c'est toujours **le train à crémaillère le plus raide du monde.** L'exploit fut rendu possible grâce à l'idée géniale de réaliser deux roues à crémaillère horizontales. Ce concept révolutionnaire fit sensation.

- Age :	107 ans
- Altitude :	2 132 m
- Traction :	Vapeur jusqu'en 1937 puis électrique
- Longueur de la voie :	4 km 618
- Pente :	48 %
- Durée du trajet :	NC
- Créateur :	Edouard Locher
- Système de crémaillère utilisé :	Locher

Jungfraubahn (Suisse) – 1912

Entre 1896 et 1912, le constructeur zurichois Adolf Guyer-Zeller construisit la Jungfraubahn, surnommé « la voie du ciel » menant à une altitude de 3 454 mètres, **la gare de montagne la plus haute d'Europe**. Cette ligne évolue en grande partie à travers les montagnes et permet d'admirer des paysages somptueux.

- Age :	94 ans
- Altitude :	3 454 m (gare la plus haute d'Europe)
- Traction :	Electrique
- Longueur	de la voie : 11 km
- Pente :	25 %
- Durée du trajet :	NC
- Créateur :	Adolf Guyer-Zeller
- Système de crémaillère utilisé :	Strub

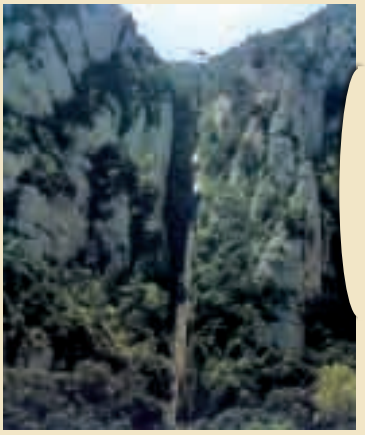
LE PETIT TRAIN DE LA RHUNE DEPUIS 1924

www.rhune.com

Le Petit Train de la Rhune...
un train à crémaillère !

• Trains à crémaillère à travers le monde

Chemin de Fer Montserrat (Espagne)



Montserrat est un sanctuaire auquel on avait accès par un chemin. L'ingénieur Joaquim Carrera, amoureux de Montserrat et de trains suisses, parvint à convaincre l'homme d'affaire Josep M. González de la nécessité de construire un train à crémaillère entre le Monistrol et le monastère.
Les travaux sont entrepris et le train fut inauguré le 6 octobre 1892. Un accident le 25 juillet 1953 a marqué le déclin de la ligne. La fermeture définitive a été effective le 12 mai 1957.
Mais l'espoir de le revoir n'a jamais été perdu, Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya (FGC) rédigea, en 1991, un projet qui deviendra la base de l'actuel train à crémaillère.
L'inauguration a lieu le 18 mai 2003 après 46 ans de fermeture.
Ce train, n'a rien à voir avec la technologie du passé du train à vapeur de 1892.

- Age :	6 oct 1892 au 12 mai 1957 (65 ans) réouverture après 46 ans de fermeture : 18 mai 2003
- Dénivelé :	550 m
- Traction :	Vapeur puis électrique
- Longueur de la voie :	5 km dont 4 avec crémaillère
- Pente :	NC
- Durée du trajet :	1 h05
- Créateur :	Joaquim Carrera et Josep M. Gonzales

Nuria (Espagne) - 1931

En 1916, le sanctuaire de la vierge de Nuria situé à 1950 mètres d'altitude ouvrit pour la première fois l'hiver. Il était accessible par un sentier parcouru par des hommes et des ânes, pour en faciliter l'accès l'idée de construite un train apparut dès 1917.

En 1926, le gouvernement donna son feu vert pour le projet de train à crémaillère et le 24 mai 1928, débutèrent les travaux.
Alors qu'il était prévu d'utiliser la traction vapeur avec une crémaillère sur toute la ligne, le projet fut modifié et c'est le système mixte adhérence / crémaillère et traction électrique qui est retenu.
Finalement après essais des deux techniques, la ligne avec traction électrique fut inaugurée le 22 mars 1931.

- Age :	75 ans. La ligne est inaugurée le 22 mars 1931
- Altitude :	1950 m
- Traction :	mixte : crémaillère et traction électrique
- Longueur de la voie :	NC
- Pente :	12 à 15 %
- Durée du trajet :	40 min
- Crémaillère utilisé :	ABT

Tramway du Mont-Blanc (France) - 1913

L'idée de l'ingénieur Issartier était que chacun puisse accéder au toit de l'Europe, la solution du train à crémaillère fut adoptée, la ligne relie Le Fayer/St Gervais à l'aiguille du goûter.

- Age :	**93 ans**
- Altitude :	**2 372 m**
- Traction :	**Electrique – courant alternatif 11 kV, 50 Hz**
- Longueur de la voie :	**12.4 km**
- Pente :	**15 à 24 %**
- Durée du trajet :	**1h à 1 h30**
- Créateur :	**Issartier**
- Crémaillère utilisé :	**Type Strub sur 85% du parcours**

Train du Montenvers – (France) - 1909

Ce train centenaire conduit jusqu'aux rives de la mer de glace surplombée de cimes fascinantes.

- Age :	**97 ans**
- Altitude :	**1 913 m**
- Dénivelé :	**871 m**
- Traction :	**6 automotrices et 3 locomotives diesel**
- Longueur de la voie :	**12.4 km**
- Pentes :	**11 à 22 %**
- Durée du trajet :	**20 min**
- Créateur :	**NC**
- Système de crémaillère utilisé :	**Type Strub**