

در نمایشگاه جهانی سال ۱۸۸۹ مقارن با یکصدمین سالگرد انقلاب فرانسه بود که مطبوعات رسمی مسابقه بزرگی را اعلام کردند.

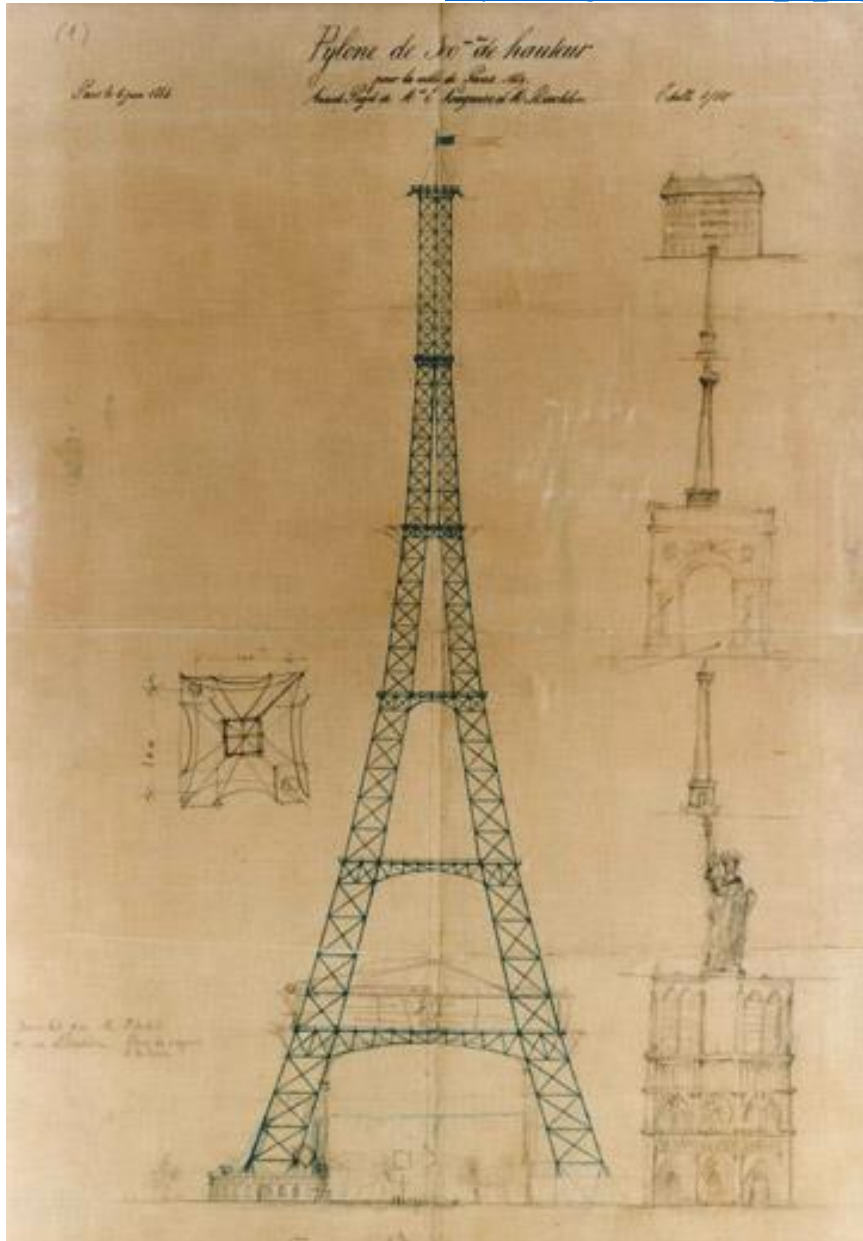
پیشنهاد این بود "مطالعه و احداث یک برج آهنی در منطقه Champ-de-Mars به مساحت پایه ۱۲۵*۱۲۵ متر مربع و ارتفاع ۳۰۰ متر". از بین ۱۰۷ پروژه پیشنهادی طرح مشترک Gustave Eiffel که یک کارآفرین بود، Maurice Koechlin و Emile Nouguier که هردو مهندس بودند و Stephen Sauvestre که یک آرشیست بود، پذیرفته شد.

اولین عملیات حفاری در تاریخ ۲۷ ژانویه سال ۱۸۸۷ آغاز شد. در تاریخ ۳۱ مارس ۱۸۸۹ سازه برج در یک رکورد زمانی ۲ سال و ۲ ماه و ۵ روز به اتمام رسید و به عنوان یک شاهکار فنی عملی به رسمیت شناخته شد.

طراحی سازه برج ایفل:

طرح ساخت برجی که ۳۰۰ متر ارتفاع داشته باشد به عنوان بخشی از مقدمات بر گذاری نمایشگاههای جهانی سال ۱۸۸۹ تصور میشد.

Maurice Koechlin و Emile Nouguier دو مهندس ارشد در کمپانی ایفل، ایده یک برج خیلی بلند را از ژوئن سال ۱۸۸۴ در سر داشتند که قرار بود به شکل برجی بزرگ همراه با ۴ ستون تشکیل شده از تیرهایی شبکه ایی که از فونداسیون از هم جدا و در بالای برج به هم میرسند، باشد که در فواصل منظم هم تیرهای بیشتری آنها را به هم متصل کند. شکل زیر طرح اولیه برج ایفل را نشان میدهد.



در این زمان فعالیت شرکت قاعدتا در زمینه ساخت تکیه گاههای پلهای فلزی بود و پروژه برج خیزش شجاعانه ای بود برای بلند کردن این قاعده حرفه ای تا ارتفاع ۳۰۰ متری که معادل یک نماد سمبولیک ۱۰۰۰ فوتی بود. در ۱۸ دسامبر سال ۱۸۸۴ ایفل برای ساختار جدیدی که اجازه ساخت نشیمن های فلزی و برج ها با قابلیت گذشتن از ارتفاع ۳۰۰ متری را داشت، حق امتیاز گرفت.

برای اینکه پروژه در افکار عمومی بیشتر مورد پسند واقع شود، Koechlin و Nougier یک معمار به نام Stephen Sauvestre را برای کار بر روی نمای برج استخدام کردند

Sauvestre پیشنهاد داد که پدستالهای سنگی برای پوشاندن پایه ها، قوس های بدون گذر هم برای اتصال ستونها در طبقه اول، سالنهای با دیوارهای شیشه ای در هر تراز و یک طرح حباب مانند برای نوک برج و جلوه های تزئینی مختلف دیگری برای دکوراسیون سازه بکار رود. در نهایت طرح خلاصه شد، اما المانهای مشخصی مانند قوس های بزرگ در پایه ها باقی ماندند که به سهم خود جلوه ی خیلی بارزی به آن دادند.

انحنای ستونها به شکل ریاضی و بگونه ای محاسبه شده است تا حداکثر مقاومت موثر در برابر نیروی باد را به دست دهد. همانطور که گوستاو ایفل خودش شرح میدهد "تمام نیروی برشی باد به درون فضای داخلی ستونهای که در سمت جهت باد است میرود. خطهایی به شکل مماسی روی هر ستون رسم شده اند که که نقطه تماس همه خطها در یک ارتفاع است که این خطها همیشه در نقطه دوم متقاطع هستند و این نقطه دوم دقیقا همان نقطه ایست که که از درون آن برآیند جریان ناشی از عملکرد باد روی آن قسمتهای تکیه گاهی برج که روی آن دو نقطه قرار دارد ، محاسبه میشود.

ساخت:

اجرای حماله ها در یکم جولای ۱۸۸۷ شروع و ۲۲ ماه بعد به اتمام رسید.

تمام المانها در کارخانه ایفل واقع در Levallois-Perret در حومه پاریس آماده شدند. هرکدام از ۱۸۰۰۰ قطعه بکار رفته در ساختمان برج جداگانه طراحی و محاسبه شدند. دقت ساخت در حد دهم میلیمتر بوده است و بعد از کنار هم قرار گرفتن، قطعات جدیدی با طولی در حدود ۵ متر بوجود می آمدند.

تیمی از سازندگان که بر روی پروژه های پلهای راه آهن کار کرده بودند، مسئولیت ۱۵۰ تا ۳۰۰ نفر کارگر موجود در سایت که در حال سرهم کردن این مجموعه غول آسا بودند را برعهده داشتند.

تمام قطعات فلزی برج با پرچ به هم متصل شده اند که به عنوان بهترین روش ساخت در زمان احداث برج بوده است.

در ابتدا قطعات بوسیله پیچ در کارخانه سرهم شده و بعدا تک به تک با پرچ کاری همراه با گرما جایگزین میشدند و بدین ترتیب و در حین سرد شدن اطمینان کافی از محکم بودن آن بوجود می آمد. تیمی متشکل از ۴ نفر برای نصب هر پرچ مورد نیاز بود. یکی برای گرم کردن آن، دیگری برای قرار دادن آن در سوراخ، نفر سوم برای شکل دادن به سر آن و نفر چهارم برای کوبیدن آن با چکش. تنها یک سوم از ۲۵۰۰۰۰ پرچ به کار رفته در سازه برج مستقیما در سایت پروژه نصب شده اند.

ستونها بر روی فونداسیون های بتنی که چندین متر زیر سطح زمین و بر روی بستری از شن کوبیده شده قرار دارند، نصب شده اند.

هر لبه گوشه بر روی بلوک تکیه گاهی خود قرار دارد و فشاری معادل ۳-۴ کیلوگرم بر سانتی متر مربع بر آن وارد میکند و هر بلوک نیز با دیوارهایی به بلوک های دیگر متصل است. شکل زیر مجموعه تکیه گاهی یکی از ۴ پایه برج را نشان میدهد.

در سمتی از پروژه که نزدیکتر به رودخانه است، سازندگان از محفظه های فلزی ضد آب استفاده کرده و با تزریق هوای فشرده به داخل محفظة ها توانستند آنها را زیر سطح آب بکار برند .

برج با استفاده از داربست های چوبی و چرثقیل های کوچک بخار که بر روی خود برج نصب شده بودند ساخته شد.

سر هم کردن تراز اول با استفاده از ۱۲ داربست چوبی موقت که ۳۰ متر ارتفاع داشتند و ۴ داربست بزرگتر ۶۰ متری، انجام شد.

جعبه های ماسه و جک های هیدرولیکی پس از استفاده، با گوه های فلزی چایگزین شده که به حماله ها اجازه میداد با دقت میلی متری در جای خود قرار گیرند.

در ۷ دسامبر ۱۸۸۷ اتصال تیرهای اصلی تا تراز اولین طبقه به اتمام رسید. قطعات با استفاده از چرثقیل های بخار بالا برده میشدند که خود آنها نیز بر روی ریل های مخصوصی همزمان با بالارفتن سازه برج بالا میرفتند.



ساخت فونداسیون تنها ۵ ماه و سرهم کردن و نصب قطعات فلزی ۲۱ ماه زمان بردند.

با در نظر گرفتن وسایل ابتدایی که در آن زمان در دسترس بود، این میتوانست یک رکورد سرعت باشد. سرهم کردن برج، اعجازی از دقت بالا بود و تمام مورخان آن دوران با این نظر هم عقیده اند. عملیات ساخت برج در ژانویه سال ۱۸۸۷ آغاز و در ۳۱ مارس ۱۸۸۹ به اتمام رسید و با یک پلت فرم نصب شده در بالا، ایفل لژیون افتخار در دکوراسیون را دریافت کرد.

در ادامه عکسهای زمان ساخت و تعداد از شیت نقشه های در نظر گرفته شده است.

جدول ساخت سازه:

کل زمان ساخت ۲ سال و ۲ ماه و ۵ روز

طبقه اول در تاریخ ۱ آوریل ۱۸۸۸ به پایان رسید.

طبقه دوم در تاریخ ۱۴ آگوست ۱۸۸۸ به پایان رسید

سر هم کردن یکجا و در نهایت همراه با سازه نوک برج در اول مارس ۱۸۸۹ به اتمام رسید

اطلاعات آماری:

بین ۱۵۰ تا ۳۰۰ کارگر در سایت پروژه

۱۸۰۳۸ قطعه فلزی

۷۳۰۰ تن آهن

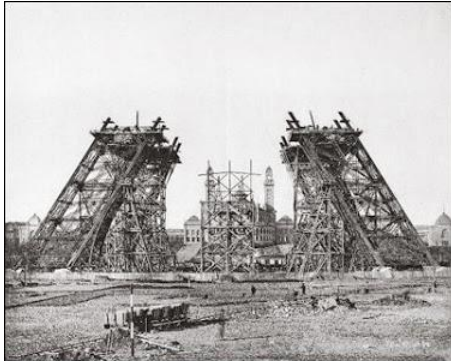
۵۳۰۰ شیت نقشه کارگاهی

۲ میلیون و ۵۰۰ هزار پرچ

۵۰ مهندس و طراح

۶۰ تن رنگ

۱۵۰ کارگر در کارخانه Levallois-Perret



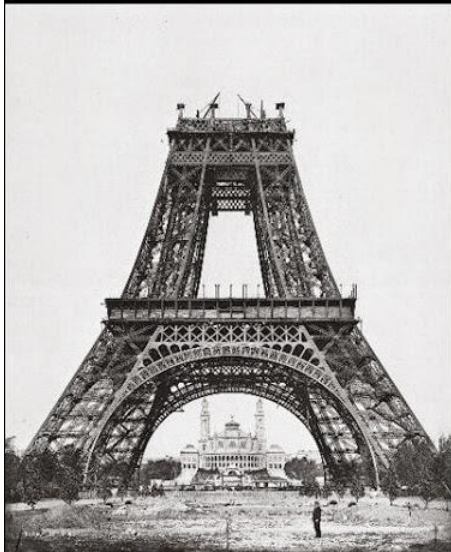
7 DECEMBER 1887: CONSTRUCTION OF THE LEGS WITH SCAFFOLDING



20 MARCH 1888: COMPLETION OF THE FIRST LEVEL



15 MAY 1888: START OF CONSTRUCTION OF SECOND STAGE



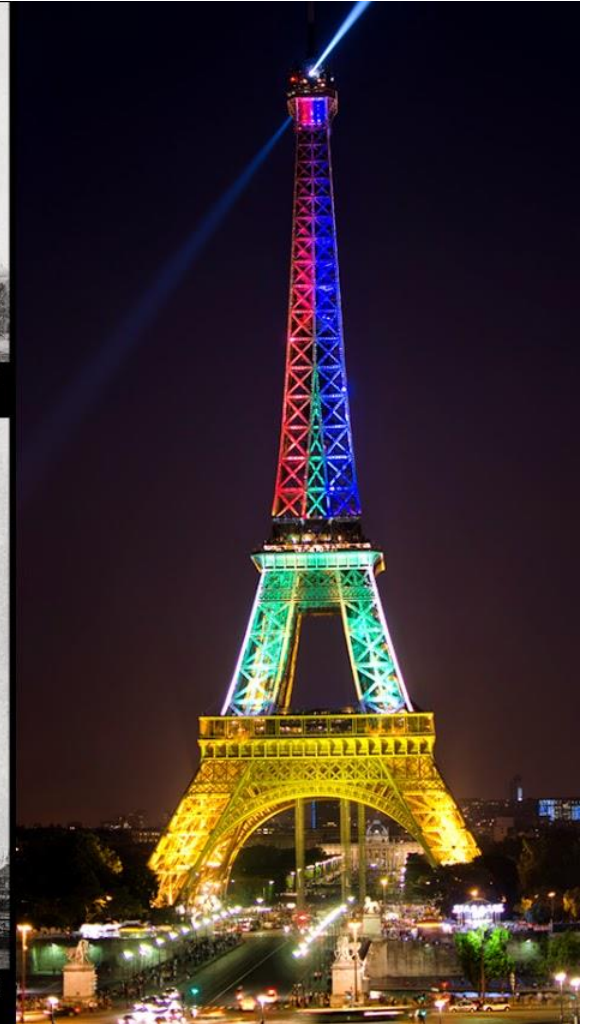
21 AUGUST 1888: COMPLETION OF THE SECOND LEVEL



26 DECEMBER 1888: CONSTRUCTION OF UPPER STAGE



15 MARCH 1889: CONSTRUCTION OF THE CUPOLA



SECTIONS DES ARBALÉTRIERS & DES TREILLIS. — DONNÉES POUR LE CALCUL DE L'OSSATURE

PL. XXIV

101 (101-11) 101 (101-11)

