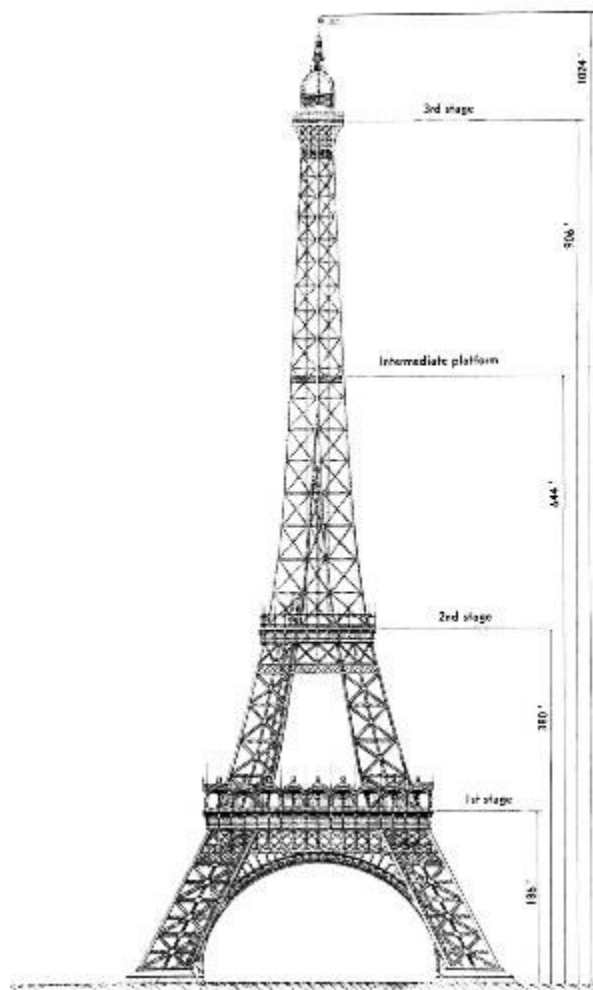


آسانسور برج

بخش بزرگی از ارزش برج ایفل، در ظاهر برج می‌باشد که نشان دهنده علم و هنر و دستاوردهای فنی جمهوری فرانسه در آن زمان است. علاوه بر این، برج از نظر ارزش بالقوه در رصد کردن علم و تکنولوژی اهمیت ویژه ای داشت. به عنوان مثال ارتفاع بلند برج امکانی برای هواشناسان و منجمان فراهم می‌کرد. بعلاوه نمای دیدنی برج بازدید کنندگان را به خود جذب می‌کرد.

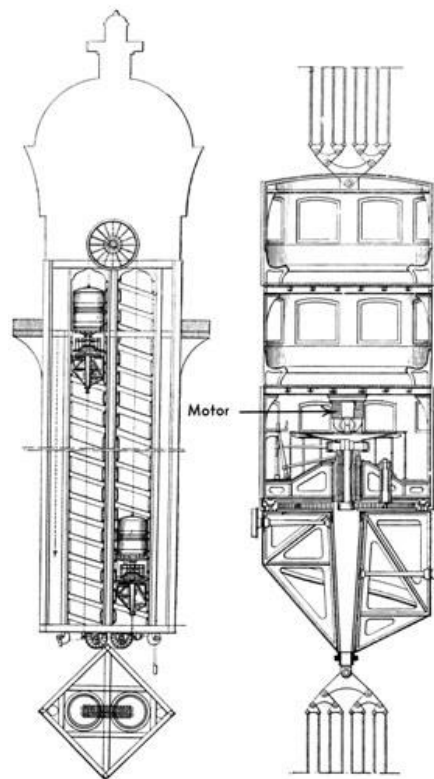


شکل 1: ارتفاع‌های مختلف برج ایفل

جابجایی بسیاری از بازدید کنندگان به سکوی اصلی و سکوی اول برج و تعداد کمی از مسافران به اجلاس سران، یک مساله فنی بود که جدی بودن این مساله از ابتدای پروژه مشخص بود. برای اینکه تعداد کمی از بازدید کنندگان بتوانند به سکوی اول یا احتمالاً سکوی دوم که 115 متر بالاتر از زمین قرار داشت راه پیدا

کنند، مهمترین وسیله آسانسور بود. در حقیقت دو مساله که مهندسين بيشترين نگرانی را در مورد آن داشتند یکی مساله رعد و برق بود و دیگری ارائه یک سیستم آسانسور قابل اعتماد بود که بدون هیچ مشکلی امن باشد. برای بررسی مشکل آسانسور، ایفل مردی به نام بکمن را که به عنوان متخصص در این زمینه بود استخدام کرد. چندین طرح بکمن مورد مطالعه قرار گرفت. پیشنهادات او دارای ویژگی‌های نا مطلوب طرح‌های قبلی بود.

طراحی بکمن برای بالابرهاي طبقات فوقانی بر اساس سیستمی بود که برای بسیاری از مخترعان و توسعه دهندگان آسانسور در اواسط قرن نوزدهم جذاب بود. این سیستم، استفاده از سیستم پیچ و مهره برای بالا بردن کابین بود. طرح استفاده از پیچ و مهره در ابتدا بسیار طرح واضحی به نظر می‌رسید ولی پیچیدگی‌های ذاتی آن به زودی روشن شد و هرگز طرح موفق‌ی نشد. بکمن در طرح خود دو کابین استوانه‌ای را پیشبینی کرد که در دو مسیر موازی حرکت می‌کردند و توسط یک کابل که از بالای قرقه‌ای که در بالای دو چاه آسانسور قرار داشت به هم متصل بودند. در زیر هر کابین یک پیچ که توسط غلطک‌ها به کابین متصل بود قرار داشت. هنگامی که پیچ شروع به چرخش می‌کرد، غلطک‌ها شروع به حرکت می‌کردند و باعث می‌شد که کابین را به حرکت در آورد و کابین دیگر در جهت مخالف کابین اول شروع به حرکت می‌کرد.



شکل 2: طرح آسانسور با استفاده از مارپیچ توسط بکمن

در طرح اولیه که ارائه شد، یک موتور بخار بر روی زمین قرار داشت که فریم و غلطک‌ها را توسط یک طناب فولادی به گردش در می‌آورد. نیروی طناب توسط قرقره از یک پولی بزرگ به پولی کوچک روی قرقره انتقال پیدا می‌کرد تا نیروی آن افزایش یافته و سرعت بالای موتور بخار را به سرعت مناسب جهت چرخش پولی تبدیل کند.

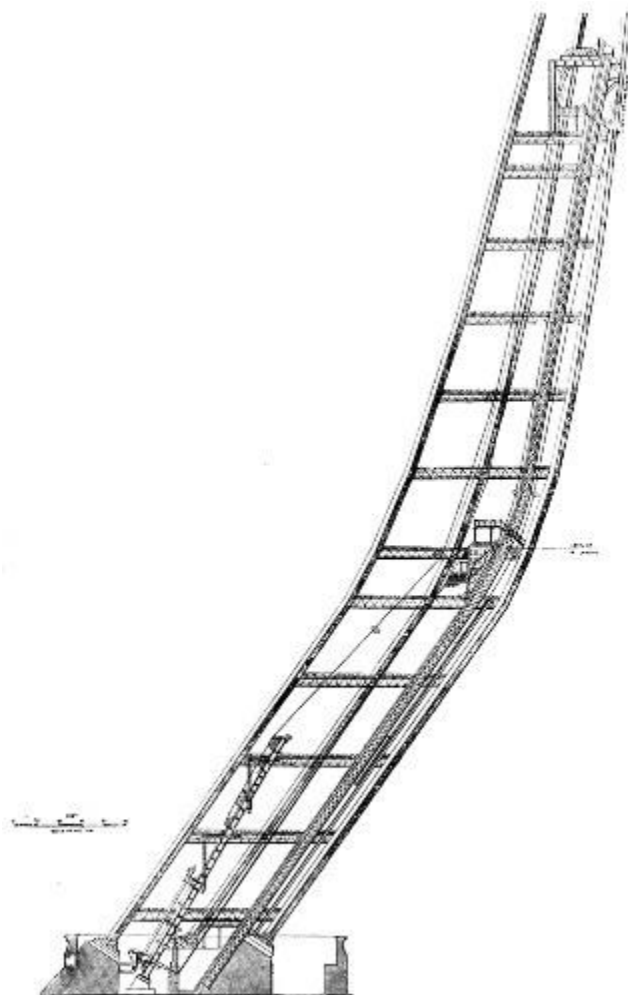
دومین پیشنهاد بکمن که توسط کمیسیون تصویب شد، یک نوآوری بسیار مهم و قابل توجهی را در خود گنجانده بود. برای گرداندن طناب‌ها، موتورهای الکتریکی جایگزین شدند که برای هر کابین یک موتور الکتریکی قرار داده شد تا فریم رولر را مستقیماً به گردش در آورد. با این اصلاحات، طرح پیشنهادی قابل اجرا به نظر می‌رسید. با اینحال قطعاً از دوام لازم برخوردار نبود و بسیار گران بود. کمیسیون تمام طرح را در اواسط سال 1888 کنار گذاشت و دو دلیل برای این کار خود اعلام کرد: 1- تازگی سیستم و امکان توقف کارکرد سیستم که بهره برداری از برج را قطع می‌کرد. 2- ترس از اینکه حرکت غلطک‌ها در اطراف کابین باعث ایجاد سر و صدای زیاد و ارتعاش در کابین شود. هر دو ایراد مطرح شده به طرح بکمن به نظر منطقی بود که باعث شد این طرح مورد موافقت قرار نگیرد.

سیستم اوتیس

منحنی پایه‌های برج، یک مساله منحصر به فرد در طراحی آسانسور بوجود آورد که باعث ناراحتی ایفل و کمیسیون طراحی و تصمیم‌گیری شد. از آنجایی که وجود یک چاهک عمودی در کنار پایه برج از لحاظ زیبایی غیر قابل تصور بود، آسانسور فقط می‌توانست به صورت زاویه دار نصب گردد. مشکل رسیدن به اولین سکوی، مشکل جدی نبود. پایه‌های پل به اندازه کافی وسعت داشتند و انحنای آنها در قسمت پایین آن بسیار کم بود، به طوری که می‌توانستند برای رسیدن به اولین سکوی یک مسیر کاملاً عمودی داشته باشند. برآورد شده است که اکثر بازدیدکنندگان تنها به این سطح می‌روند. بسیاری از آنها جذب رستوران‌ها، کافه و دیگر ویژگی‌های واقع شده در این طبقه می‌شوند. دو آسانسور بدون هیچ مشکلی برای سرویس دهی به بازدیدکنندگان در پایه شرقی و پایه غربی برای حرکت از زمین تا سکوی اول مورد استفاده قرار گرفت.

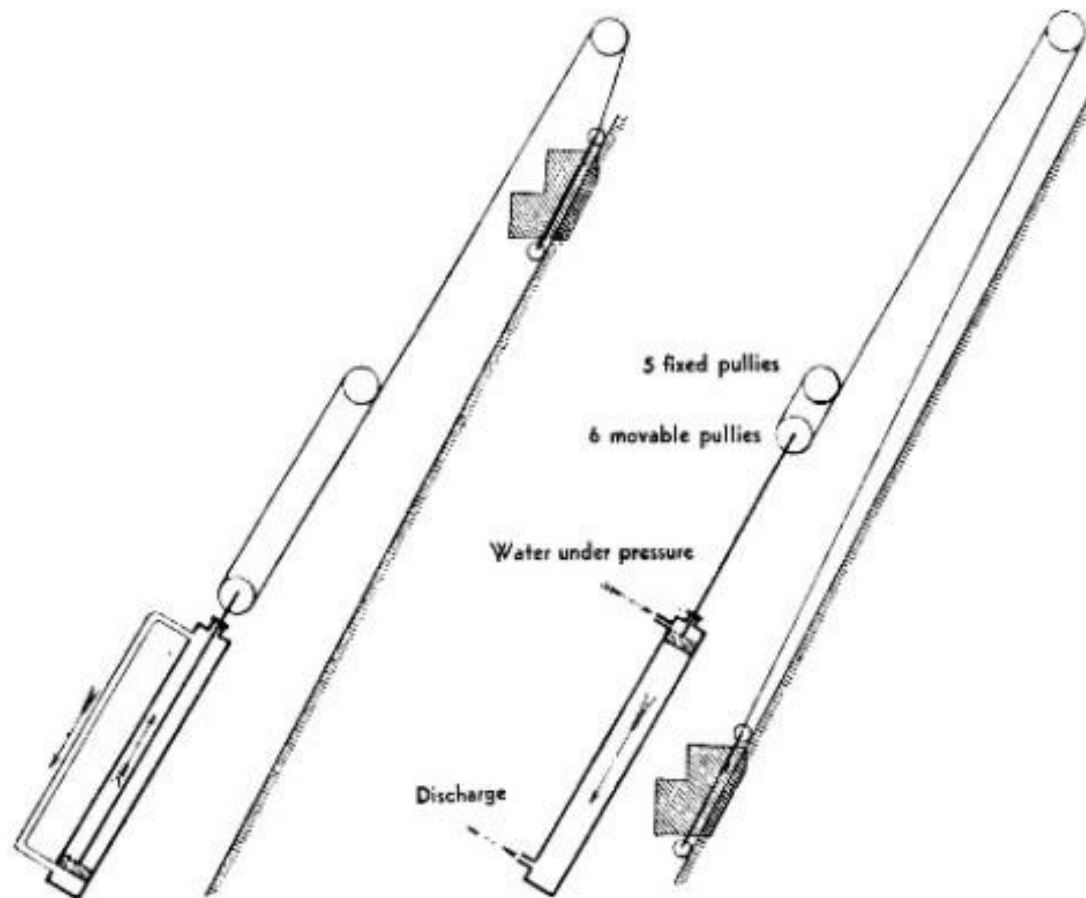
برای انتقال مسافر به سکوی بعدی چند مشکل به صورت همزمان وجود داشت. از آنجایی که نیاز به حرکت از زمین تا سکوی دوم وجود داشت، یا باید یک حرکت منحنی مطابق با انحنای پایه‌های برج تا سکوی دوم انجام می‌شد یا از چند حرکت مستقیم که به صورت زاویه دار به هم متصل شده بودند استفاده می‌شد. ایفل ابتدا با روش اول موافق بود ولی در نهایت با اجرای روش دوم موافقت کرد. زیرا مشاهده کردند که تنها استفاده از دو

مسیر مستقیم که با زاویه به هم متصل بودند برای رسیدن از پای برج به سکوی دوم کافی بود. بر اساس این پیشنهادات، دو آسانسور دیگر برای جابجایی بازدیدکنندگان در برنامه اجرا قرار گرفت. یکی برای پایه شمالی و دیگری برای پایه جنوبی. در این مرحله یک مساله بی سابقه اتفاق افتاد. اینکه هیچکس در فرانسه حاضر نشد این کار را انجام دهد. شعبه اروپایی شرکت آسانسور اوتیس، یک پیشنهاد از دفتری که در پاریس داشت ارائه کرد. ولی کمسیون مجبور شد آن را رد کند. زیرا یک بند از قانون انجام کار در برج، استفاده از هر گونه مواد خارجی در برج را ممنوع کرده بود. علاوه بر این، تعصب جدی علیه پیمانکاران خارجی به دلیل ناسازگاری که در مراحل اولیه این پروژه انجام داده بودند، وجود داشت. زمان پروژه در حال سپری شدن بود و تلاش‌های بسیاری برای جذب یک طرح بومی صورت گرفت ولی نتیجه‌ای نداشت.



شکل 3: جانمایی کلی آسانسور اوتیس در برج ایفل

با گذشت زمان لزوم حل مشکل آسانسور بیشتر می‌شد تا اینکه در ژوئیه 1887 کمسیون با نا امیدی قرارداد را به اوتیس با مبلغ 22500 دلار اعطا کرد. این اعتماد به نفس بالای اوتیس در انجام چنین کاری به سرعت باعث پیشرفت شرکت شد. سیستم پیشنهادی اوتیس بر پایه آسانسورهای هیدرولیکی این شرکت بود. به علت زاویه دار بودن سیستم، شاخه‌های ریل معمولی جایگزین ریل آسانسور شد و یک کابین دوطبقه توسط رولرها بر روی ریل قرار گرفت. نیروی محرکه توسط یک جک هیدرولیک که تقریباً با زاویه پایه برج در پایینترین نقطه نصب شده تامین می‌شود. بالانس نیروی مرده کابین توسط یک قاب وزنه انجام می‌شد که روی ریل دوم که به موازات ریل اول و در پایینتر از آن قرار گرفته است انجام می‌شود. نسبت حرکت وزنه تعادل 1 به 3 می‌باشد که با جابجایی 38 متر قاب وزنه کابین 114 متر جابجا می‌شود. همه چیز در اجرای آسانسور برج با ظریب ایمنی بیشتر از سیستم‌های مشابه در آن زمان انجام شد. جک هیدرولیک استفاده شده دارای قطر 95 سانتیمتر و ارتفاع 11 متر بود. به جای مجموعه‌ای از پولی‌های ساده، شفت پیستون یک ارابه بزرگ که داخل ریل‌ها هدایت می‌شد را به حرکت در می‌آورد که داخل این ارابه 6 چرخ شیاردار وجود داشت.

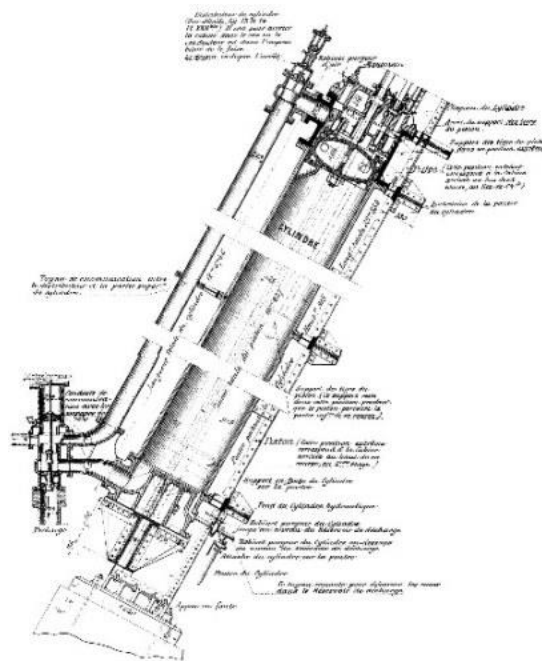


شکل 4: دیاگرام ساده شده سیستم اوتیس

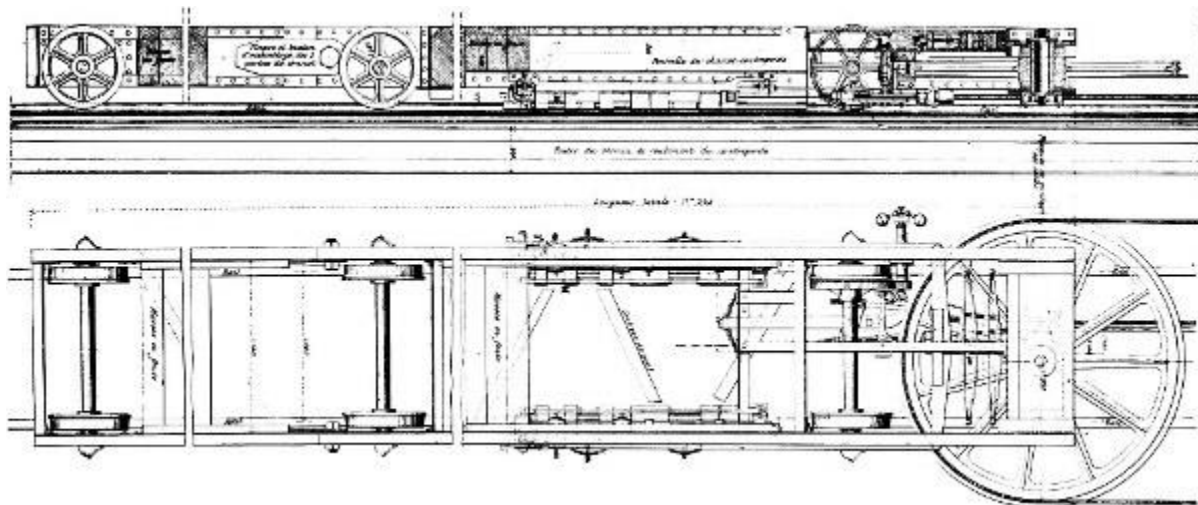
با بررسی سیستم، فهمیدن این مساله که چرا شرکت‌های فرانسوی نتوانستند این پروژه را انجام دهند مشکل است. که باعث شود یک شرکت آسانسور آمریکایی که به سیستم‌های ریل گذاری نیز آشنا است این پروژه را تقبل کند. تقاضای کمسیون برای ایمنی کامل سیستم بیش از مسایل دیگر دارای اهمیت بود. اوتیس خیلی تمایل داشت که تمام مسایل فنی را از طریق ایمیل انجام دهد. با این وجود، به اصرار ایفل در سال 1888، مهندس پروژه توماس براون برای مشاوره مستقیم به فرانسه فرستاده شد.

اختلاف نظرهای جزئی بر سر برخی مسایل فنی وجود داشت که در نهایت حل شد. ولی اختلاف نظر و مشاجره بر سر مهندسان آمریکایی و فرانسوی کماکان وجود داشت. این مشاجره به حدی بود که اوتیس را تهدید کردند که کل پروژه را متوقف می‌کنند. به طور کلی در تمام آسانسورهایی که در آن کابین توسط کابل‌ها آویزان است، باید توجه ویژه‌ای به پاره شدن کابل‌ها و احتمال سقوط شود.

اوتیس در طرحی سیستم ایمنی ارائه کرد که در آن اگر هر کدام از شش کابل کششی به طور ناگهانی پاره شود و یا کشیده شود، یا اگر بار روی کابل به هر دلیلی کم شود، فنرهای کششی قدرتمندی که زیر کابل‌ها قرار دارند آزاد شده و کفشک‌های ترمز را درگیر ریل‌ها می‌کنند. ویژگی اساسی این طراحی، توقف کابین به علت اصطکاک بین گیره‌ها و ریل بود. به طوری که عمل توقف به تدریج و بدون شوک انجام می‌شد. در طول آزمایش‌های ایمنی سیستم، با قطع کابل‌های موقت، طول حرکت کابین قبل از توقف به 3 متر می‌رسید.



شکل 5: مقطع جک اوتیس



شکل 6: جزئیات قاب وزنه در سیستم اوتیس

گرچه سیستم ایمنی ارائه شده توسط اوتیس کارآمد بود، ولی برای ایفل و کمسیون کافی نبود. به همین دلیل برای ایمنی بیشتر از سیستم رک-پینیون نیز در کنار سیستم ایمنی اوتیس استفاده شد. کمسیون نه تنها این سیستم را قابل اعتماد تر در نظر گرفت، بلکه یکی از ویژگی‌های این سیستم را یک ضرورت دانست: یک وسیله-ای بود که توسط آن می‌توانستند کابین را حتی در حالتی که هر شش کابل پاره شود به سمت پایین بیاورند. قبل از افتتاح نمایشگاه برج در ماه می سال 1889، رابطه بین اوتیس و کمسیون به طرز وحشتناکی تضعیف شد. زیرا نتیجه حاصل برای دو نفر به صورت متقابل رضایت بخش نبود. تعدادی تغییرات جزئی در سازه برج صورت گرفت که مشکلاتی را در طراحی اوتیس بوجود آورد. زیرا طراحی اوتیس تحت تاثیر ساختار پایه‌های برج قرار داشت. در نتیجه، کار کردن بر روی ماشین آلات چند ماه بعد آغاز شد. ایفل اعلام کرد که هر چند در روز اول ماه می تمام امکانات برج افتتاح می‌شود و تضمین شده است که به طور کامل بهره برداری شود، مهلت قراردادی 1 ژانویه برای اتمام آسانسور امکان پذیر نخواهد بود. ایفل که در حال حاضر به طور آشکار بر اساس میل خود عمل می‌کند، جلوی تمام پرداخت‌ها را به اوتیس می‌گیرد. چارلز اوتیس در پاسخ به ایفل هشدار می‌دهد که درگیری‌هایش جلوی انجام پروژه را خواهد گرفت. اوتیس نامه‌ای به ایفل می‌زند و با پیامی که می‌فرستد تاثیر مطلوبی روی ایفل می‌گذارد و مساله را تا حدی حل می‌کند. طوری که ماشین آلات در زمان باز شدن نمایشگاه به طور کامل عملیاتی بودند. نصب این سیستم ارزش تبلیغاتی زیادی برای اوتیس داشت. بار فنی پروژه به وضوح برای مهندسين قابل مشاهده بود. چندین روزنامه گزارش دادند که آسانسورهای اوتیس یکی از بهترین دیدنی‌های برج ایفل می‌باشند. کابین دابل، سرعت 2 متر بر ثانیه، ظرفیت حمل 40 نفر مسافر از ویژگی‌های این آسانسور بود.



