

## TRECEREA NOILOR LINII ALE METROPOLITANULUI DIN PARIS PE SUPT SENA ȘI TUNELURILE PE SUPT FLUVII

(Urmare și fine)

---

În cele ce urmează vom da câte-va date generale asupra dispozițiilor proiectate pentru trecerea pe supt Sena a noilor linii ale metropolitanului și vom începe cu lucrările liniei No. 4.

**Traversarea Senei de către linia metropolitană No. 4 (transversala Nord-Sud).** În ante-proiectul anexat la legea din 30 Martie 1898 prin care se declară de utilitate publică drumul de fier metropolitan din Paris, linia No. 4 dintre «la Porte de Clignancourt» și «la Porte d'Orléans», mergea aproape direct de la Halele centrale la încrucișarea Bulevardului Saint-Germain cu strada Rennes, trecând prin strada Luvrului și traversând Sena, în tunel, între Podul Nou și Podul Artelor. Traseul primitiv însă a suferit, în partea sa centrală, o importantă modificare din două cauze: 1) o parte a traseului cuprinsă între cheul de pe malul stâng și între origina actuală a stradei Rennes, ar fi fost executată în acelaș timp cu o mare lucrare de șoseluire consistând în terminarea acestei străzi, a cărei adevărată origină trebuie să fie, nu ca actualmente, în Bulevardul Saint-Germain, ci în vecinătatea podului Artelor; 2) opoziția făcută trecerei Metropolitanului pe supt Palatul Institutului. De aceea după câte-va ezitări, Consiliul municipal s'a pronunțat pentru deviarea liniei prin Châtelet, cu următorul traseu:

*Traseul și profilul în lung.* După ce a părăsit Bulevardul Sebastopol, prin strada Turbigo, pentru a trece prin Halele centrale, linia vine de atinge din nou acest Bulevard în strada Halelor (a se vedea planșa 1, fig. 2). La încrucișarea acestei străzi cu strada Rivoli (fig. 2) ea va trece pe supt linia metropolitană No. 1 (Vincennes-Porte-Maillot) și se va angaja pe strada Saint-Denis pentru a trece apoi în diagonală „la Place

du Châtelet“, trecând oblic pe supt brațul cel mare al Sennei în amonte de podul numit Pont au Change și apoi desvoltându-se pe supt Târgul Florilor și casarma la Cité. În urmă linia vine de trece oblic pe supt brațul cel mic al Senei, în amonte de Podul Saint-Michel, și pe supt drumul de fer Orléans, apoi se angajază pe supt Bulevardul Saint-André și pe supt strada Danton până în Bulevardul Saint-Germain, pe care îl urmează până în strada Rennes.

Cotitura destul de pronunțată către Est ce o formează acest traseu între piețele Châtelet și Saint-Michel, era necesară pentru a evita trecerea liniei pe supt Palatul Justiției și pe supt cele două poduri dela extremitățile Bulevardului Palatului.

Trecerea Metropolitanului pe supt Sena constituie o problemă grea; de aceia Prefectura Senei judecă cu cale să institue un concurs asupra celor mai bune mijloace de adoptat. În urma acestui concurs, care cuprindea în același timp studiul dispozițiilor de adoptat și mijlocul de executare al lucrărilor, Comisiunea însărcinată a cerceta proiectele își fixă alegerea asupra proiectului prezentat de *Dl. L. Chagnaud*, antreprenor bine cunoscut. Sumisiunea sa, care se ridica la 15614000 franci, pentru o lungime totală de linie de 1092,72 metri, cuprinzând și cele două stațiuni „la Cité“ și „Place Saint-Michel“ fu aprobată la 18 Martie 1905.

În proiectul anexat la programa concursului, profilul în lung avea la origina lotului, o pantă de 40 milimetri pe metru care se continua până la Sena, a cărei trecere era prevăzută în palier, șina fiind la 14 metri supt nivelul apei (a se vedea planșa 1, fig. 1, linia trasată cu roș). La finele lotului, profilul în lung prevedea asemenea două rampe de 40 milimetri pe metru, separate printr'un palier intermediar corespunzător stațiunii numită „Place Saint-Michel“.

Tipurile de tunel prevăzute erau următoarele:

1<sup>o</sup>. Pentru subterană, uvragiul de tip curent, executat cu aer comprimat, era constituit din două supterane jumele cu secțiuni circulară și îmbrăcăminte metalică, având fiecare un diametru interior de 5 metri și un diametru exterior de 5,30 m., centrul secțiunii fiind așezat la 1,40 deasupra nivelului șinei.

2°. Stațiunile, asemenea executate cu aer comprimat, comportau două supterane jumele cu secțiune circulară și îmbrăcăminte metalică, fiecare supterană având un diametru interior de 6,50 m. și un diametru exterior de 6,90 m.; centrul secțiunii trebuind să fie așezat la 1,534 m. deasupra nivelului șinei și la 1,190 m. din axa căiei. Această dezaxare rezerva loc pentru un cheu de călători format de un planșeu în beton armat.

Avantajele pe care le prezintă proiectul Chagnaud, și care au făcut să i se deie preferință, sunt de două feluri :

1°. În loc de a se recurge la două tuneluri jumele cu o secțiune mică, el conservă cele două căi reunite într'o singură supterană cu aceleași dimensiuni ca și în celelalte secțiuni ale Metropolitanului.

2°. Trecerea pe supt Sena cu ajutorul chesoanelor fundate vertical permite de a ridica sensibil nivelul șinei la trecerea râului și prin urmare a micșora declivitățile de acces și adâncimea stațiunilor. Astfel, după cum se vede după profilul în lung (planșa No. 1, fig. 1), nivelul cel mai jos al șinei în proiectul adoptat se află la cota 16,05 adică cu 11,15 metri supt nivelul Senei, în timp ce în ante-proiect, nivelul șinei avea cota 13,00, adică el era cu 3,05 metri mai jos.

În proiectul definitiv adoptat și actualmente în curs de executare, rampa de 40 milimetri, maximul admis pe rețeaua metropolitană, nu există decât pentru a permite trecerea pe supt linia No. 1, supt drumul de fier d'Orléans precum și pe supt colectorul Bièvre.

*Supterana curentă.*—Secțiunea interioară a supteranei în cale normală se poate vedea în fig. 4 și 5 ale planșei 2; ea are forma unei elipse turtită către extremitățile axei mari. Deschiderea tunelului (axa mare a elipsei) este de 7.30 metri (fig. 4).

În părțile ne situate supt albia Senei, tunelul va fi executat cu ajutorul unei pavezi speciale. Pereții tunelului vor fi constituiți din o îmbrăcăminte de fontă (fig. 4) compusă din inele de 0,60 m. lungime, împărțite ele însăși în bolțari cu curbura variabilă, după pozițiunea lor. În fiecare inel acești bolțari au 1,820 m. desvoltare, afară de acel dela cheie care n'are decât

0,05 m. Grosimea lor este de 40 milimetri, iar înălțimea totală a nervurilor, ce servesc a bulona bolțarii unul de altul, este de 160 milimetri. Etanșeitarea va fi obținută prin interpunere de plăci de lemn creosotat în rosturile bulonate. Intre această îmbrăcăminte și teren, se vor face injecțiuni cu ciment, pentru a umplea golurile ce ar putea să existe între extradadosul său și terenul înconjurător. La interior, inelele vor fi îmbrăcate cu o pătură de beton, a cărei grosime va fi egală cu înălțimea nervurilor, și acoperită ea însuși cu un strat de ciment Portland de 3 centimetri grosime.

În traversarea celor două brațe ale Senei, tubul metalic care constituie supterana este constituit în același mod ca mai sus, dar este înconjurat de un schelet metalic care constituie chesonul ce servește la punerea în loc a tubului prin fundare verticală. După cum se vede pe figura 5, tubul se sprijină pe planșeul camerei de lucru a chesonului și este înconjurat de niște armaturi din tole și corniere care constituiesc niște ferme depărtate cu 1,20 m. una de alta și legate între ele prin grinzi longitudinale.

Înălțimea totală a acestui schelet metalic, dela sprijinul cuțitelor camerei de lucru și până la partea superioară a bolței, este de 9,05 metri, iar lărgimea sa de 9,60 m. (fig. 5). Înălțimea camerei de lucru a chesonului este cea adoptată generalmente în acest fel de uvrage, adică 1.80 m.; iar construcția sa nu prezintă de altfel nimic particular.

Pereții laterali ai chesonului sunt constituiți din niște tole fixate pe armaturile care înconjoară îmbrăcăminte metalică a supteranei. Aceste tole se întind până la nivelul nașterii bolței și formează o cutie etanșă, capabilă de a fi transportată prin plutire. Tot intervalul coprins între pereții chesonului și supterană va fi umplut cu beton de ciment, în care se vor găsi înecate fearele armaturei, și care va constitui împrejurul îmbrăcăminte metalice a supteranei o adevărată secțiune de zidărie rezistentă și indestructibilă.

Chesoanele supteranei curente sunt în număr de trei pentru traversarea brațului celui mare al Senei și de două pentru brațul cel mic; cele dintâi au 36 m., 38.40 și 43.20 m. lungime,

iar cele de-al doilea au fie-care 19.80 m. Ele sunt stabilite după o curbă cu o rază de 350 m. Figura 6 arată primul cheson la sfârșitul montărei sale.

La extremitățile lor aceste chesoane vor fi închise provizoriu prin niște panouri metalice, care vor trebui scoase când se vor racorda chesoanele între ele și stabili astfel continuitatea supteranei. Pentru acest scop se va lăsa între chesoane un interval liber de 1.50 m. lungime, iar legătura se va executa cu ajutorul unor chesoane mobile. Două astfel de chesoane, scoborâte vertical, vor permite executarea a două ziduri de piatră formând legătură cu picioarele drepte a celor două extremități ale marilor chesoane. Aceste ziduri vor fi înălțate până la planul unei suprafețe de sprijin orizontală, pregătită la extremitățile celor două chesoane, iar pe suprafața de sprijin astfel constituită se va putea atunci aplica un ultim cheson, la adăpostul căruia se va putea face terminarea legăturii între cele două bucăți, după care apoi se vor ridica panourile care închid extremitățile chesoanelor.

*Stațiile.* — Cele două stațiuni cuprinse în lotul considerat, numite „*la Cité*“ și „*la place Saint-Michel*“ vor fi asemenea fundate prin niște chesoane analoage cu acele întrebuințate pentru supterana curentă de supt patul Senei, dar de dimensiuni mai mari.

Gabaritul interior al acestor stațiuni se deosebește de acel al celorlalte stațiuni ale Metropolitanului. În adevăr bolta în loc de a fi pleoștită, este în plin cintru cu o rază de 6.25 m. (fig. 7, planșa 2), planul nașterii bolței fiind cu 0.40 m. deasupra cheiului pentru călători. Imbrăcămintea metalică este constituită din tole de 8 milimetri grosime, nituite pe niște armături exterioare transversale depărtate una de alta cu 1.20 m. ca și la chesoanele supteranei curente.

Adevăratul învâliș al stațiunii va fi constituit de către betonul pus de jur împrejurul acestei imbrăcăminți, după grosimea determinată de armaturile imbrăcăminții metalice. La interior, imbrăcămintea metalică va fi ea însăși acoperită cu o pătură subțire de beton, reținută printr'o rețea metalică și pe care se va aplica, ca și în celelalte stațiuni, o imbrăcămintă de carouri smălțuite.

Fiecare stațiune va fi constituită din trei chesoane, formând un tot de 118 metri lungime, dispuse în modul următor: la centru, un cheson de 68 metri lungime, conținând stația propriu-zisă, iar la fiecare extremitate câte un puț eliptic care leagă stația cu supterana curentă și conținând scările și ascensoarele. Axa mică a acestor puțuri va avea 18.50 metri lungime și va fi dirijată în sensul traseului, pe când axa mare va avea 26 metri și va fi perpendiculară pe traseu (fig. 2 și 3, planșa 1). Intre puțuri și chesoane va fi un spațiu de 1.50 m. care va servi pentru racordarea lor, după cum s'a explicat pentru chesoanele situate supt patul Senei.

Pereții acestor puțuri sunt constituite dintr'un îndoit învâliș de tole, legate prin armaturi verticale și orizontale a căror interval va fi umplut cu beton. Ele vor fi închise la partea lor superioară prin un planșeu metalic, cu bolți de cărămidă, destul de rezistent pentru a suporta trăsurile cele mai grele care circulă pe șoselele Parisului.

Cheipurile stațiunii «la Cité» se vor afla aproximativ la 19 metri sub șosea, iar acele ale stațiunii «Saint-Michel» la 15.50 m. In aceste condițiuni întrebuițarea ascensoarelor este necesară.

*Executarea lucrărilor.* — Executarea lucrărilor totalității traversării Senei va comportă întrebuițarea a trei procedeeuri bine deosebite :

A. Pavăza cu aer comprimat va fi întrebuițată la construcțiunea tunelului curent în trei secțiuni indicate numai cu albastru pe profilul în lung:

1 <sup>o</sup> ) Dela origina lotului (strada Halelor fig. 1 și 2, pl. 1) la brațul cel mare al Senei, pe o lungime de . . . . .	metri 256,66
2 <sup>o</sup> ) Dela stația la Cité la brațul cel mic al Senei . . . . .	„ 169,01
3 <sup>o</sup> ) Dela stația Saint-Michel la extremitatea lotului (bulevardul Saint-Germain) . . . . .	„ 195,78
Total . . . . .	metri 621,45

B. Fundarea prin chesoane cu aer comprimat va fi întrebuițată pe următoarele secțiuni indicate cu linii groase roșii pe profilul în lung (fig 1):

1<sup>o</sup>) Supt patul Senei la supterana curentă, adică pe o lungime de 125,10 m. supt brațul mare și 41,10 m. supt brațul mic, adică în total . . . . . metri 166,20

2<sup>o</sup>) Pentru cele două stații la Cité și la place Saint-Michel, cu puțurile lor de acces, pe o lungime de 118 metri pentru fie-care, adică pentru amândouă . . . . . „ 236,00

Total . . . . . metri 402,20

C. Procedeu prin înghețare va fi întrebuințat între brațul cel mic al Senei și stația Saint-Michel, adică la trecerea pe supt drumul de fer d'Orléans a cărui exploatare nu trebuie să fie jenată prin tasări provenind din săparea supteranei.

Sistemul prin înghețare care va fi întrebuințat nu este încă definitiv hotărât, dar lungimea pe care el trebuie aplicat este de 62,27 metri. (A se vedea profilul în lung, fig. 1).

Din aceste trei proceduri de construcțiune numai al doilea este în plină perioadă de aplicare. Construcțiia pavezii la origina lotului, în strada Halelor, nu este încă terminată, iar procedeu prin înghețare nu va fi aplicat de cât după executarea tuneului de supt brațul cel mic al Senei.

*Construcțiia, transportul și imersiunea primului cheson.*—

Chesoanele relative la stațiuni vor fi montate direct pe teren și vor avea, când vor fi gata, forma unui imens schelet metalic de 12,50 m. înălțime, 16.50 m. lărgime și 68 metri lungime.

Amplasamentul necesar construcțiunei chesoanelor lipsind în vecinătatea punctului unde ele trebuiesc să fie fundate, casa Baudet și Donon, însărcinată cu această construcțiune, și-a stabilit șantierul de montare pe cheul Tuileriilor, imediat în aval de podul Solferino. Figura 6 arată primul cheson în momentul când scheletul său a fost terminat.

Această construcțiune s'a făcut foarte repede, grație întrebuințării unor mijloace perfecționate, mai cu seamă la executarea nituirei cu ajutorul unor ciocane pneumatice, sistem Haeseler, construite de către Ingersoll Sergeant Co.

După ce chesonul a fost montat, iar tolele destinate a'î face etanș nituite de jur împrejurul său, el a fost pus pe apă prin lansare laterală. Apoi chesonul a fost remorcat până la punctul său de imersiune cu ajutorul a două remorchere, unul

înainte și altul îndărăt, pentru a-i asigura direcția. Acest transport al unei mase așa de mari și care cântărea 280 tone s'a făcut fără nici un incident, cu toate că supt podul Soferino, care este foarte jos, chesonul nu putea trece decât cu câți-va centimetri de joc.

Amplasamentul pe care trebuie să-l ocupe definitiv chesonul a fost prealabil dragat la 5 metri supt nivelul apei, astfel ca să poată fi așezat pe un fund perfect orizontal. În avalul acestui amplasament fuseseră bătuți niște piloți care au servit ca ghid și de care s'a sprijinit chesonul. Acești piloți au constituit primele elemente ale unei solide estacade servind pe de o parte să proteje chesonul, iar pe de altă parte servind ca sprijin unei platforme. O altă platformă a fost stabilită și în amonte, pe o estacadă mai puțin importantă.

Odată chesonul pus în locul fixat, prima lucrare efectuată a fost așezarea îmbrăcăminte de fontă a supteranei; apoi s'a turnat betonul între această îmbrăcăminte și învelișul exterior al chesonului, până ce chesonul a atins fundul râului. Atunci s'au montat coșurile de acces la camera de lucru și sasurile cu aer și s'a început scufundarea cu aer comprimat. Aerul comprimat este furnizat de canalizarea Companiei pariziene de aer comprimat. Se consumă 18000 metri cubi în 24 ore, ceia ce reprezintă o cheltuială de aproximativ 300 franci.

Când cota prevăzută va fi atinsă, se va betonă camera de lucru, apoi după ce se va goli supterana care a fost umplută cu apă pentru a îngreui chesonul și a facilita scufundarea sa, se vor ridica coșurile, iar găurile lăsate de ele vor fi astupate cu îngrijire.

Pentru a se asigura în mod permanent comunicarea între camera de lucru și exteriorul șantierului, s'a făcut uz, pentru prima oară, la acest cheson, de telefon. A trebuit însă un aparat de o construcțiune particulară pentru a putea rezistă condițiilor cu totul speciale în care el se găsește așezat în interiorul camerei de lucru, unde spre a dislocă terenul, care e foarte rezistent, se întrebuintează mine.

Traversarea Senei constituie o trecere cu totul oneroasă.

Astfel în timp ce prețul mediu a supteranei normale supt stradă este de 1300 franci metrul curent, acest preț va fi de 7000 franci supt patul Senei. Cât privește stațiile la Cité și Saint-Michel, prețul lor pe metru curent este estimat la 12640 franci, în timp ce același preț nu este decât de 4600 franci pentru stațiunile cu tablier metalic și 3200 franci pentru stațiunile ordinare boltite. Totalul sumisiunei d-lui Chagnaud pentru o lungime de 1092 metri se urcă la 15614000 franci. Lucrările trebuiesc să fie terminate în primăvara anului 1907.

În afară de linia metropolitană No. 4, mai sunt încă două linii care vor traversa Sena prin tuneluri și anume *linia dela Montmartre la Montparnasse* și *linia No. 8 dela Auteuil la Operă*.

Prima a fost concedată D-lor *Berlier* și *Janicot*; ea traversează Sena în aval de podul Concordiei, iar lucrările vor începe în curând. Proiectul definitiv al acestei linii n'a fost încă aprobat de Consiliul municipal. Ante-proiectul prevede însă că traversarea Senei se va face prin două tuneluri jumele cu secțiune circulară și îmbrăcăminte de fontă. Fie-care tub are 5 metri diametru interior și dă trecere unei căi. Lungimea tunelului este de 600 metri aproximativ și e prevăzut a fi executat prin metoda pavezii.

A doua linie care se află încă în studiu, prevede asemenea traversarea Senei prin două tuneluri jumele, cu îmbrăcăminte de fontă, executate prin metoda pavezii; dar e posibil ca aceste dispozițiuni să fie modificate.

(După *Génie Civil*).