

# LE BÉTON DES PYLÔNES DU 6<sup>ÈME</sup> FRANCHISSEMENT DE LA SEINE À ROUEN

## CONCRETE FOR THE PYLONS OF THE ROUEN'S 6TH BRIDGE

Jean-Claude FERTE, Francis HERBETTE

QUILLE

### 1. LA GENÈSE DU PROJET

Située sur le cours de la Seine entre Le Havre et Paris, Rouen est la principale cité de la Haute Normandie. C'est là que se déroule tous les 4 ans un rassemblement international de grands voiliers "l'Armada".

Le 6<sup>ème</sup> franchissement, ouvrage situé en aval des 5 autres ponts de Rouen, répond à plusieurs attentes :

- Fluidification de la traversée par l'Ouest de l'agglomération rouennaise.
- Dynamisation des activités économiques à l'Ouest de Rouen.
- Amélioration de l'environnement urbain par la réduction des nuisances en centre ville.

Pour atteindre ces objectifs, trois solutions ont été étudiées dans le cadre d'un concours international :

- La solution "tunnel" : bien que peu contraignant pour l'activité fluviale, ce projet fut abandonné en raison de son coût.
- La solution "pont fixe" : un gabarit de 55 m étant nécessaire pour les paquebots de croisières et les voiliers de l'Armada, l'impact visuel du projet aurait été inacceptable.

### 1. THE BIRTH OF THE PROJECT

*Located along the Seine River between Le Havre and Paris, Rouen is the main city of the Haute Normandy Region. An international tall ship meeting called "the Armada" takes place in Rouen every 4 years.*

*The 6<sup>th</sup> bridge is located downstream of the five other bridges and has to comply with several requirements:*

- *Improving the traffic on the Western side of Rouen*
- *Economical development of the western part of the town*
- *Enhancing urban conditions by reducing pollution*

*In order to reach these targets, three options were studied during an international architectural contest:*

- *Tunnel solution: despite the low impact on the river traffic, this options was abandoned because of its high cost*
- *Static bridge solution: the option requiring a 55 meters headroom for both "Armada" and "Cruise" ships and was unsuitable in terms of visual impact.*

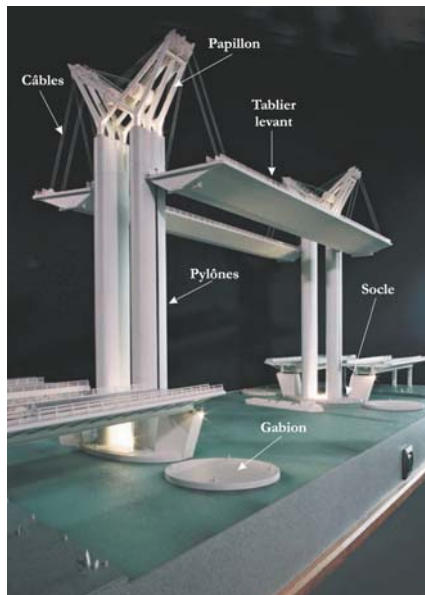
- La solution "pont levant", élaboré par le groupement Arcadis / Michel Virlogeux / Aymeric Zublena / Eurodim et Serf est retenue. Elle permet à la fois d'accueillir des navires à grand gabarit tout en s'insérant esthétiquement dans le contexte urbain.

## 2. LE PROJET

La partie "levante" du projet comporte 2 travées métalliques de 120 m, offrant un tirant d'air de 7 m en position basse et 55 m en position haute.

Ces travées d'un poids de 1200 tonnes reposent sur des piles lorsqu'elles sont en position basse. En position haute, elles sont suspendues au sommet de 2 pylônes, constitués chacun de 2 fûts ovoïdes.

Le levage se fait par un système de câbles et renvois de poulies, actionné par des treuils. Ces treuils sont situés à l'intérieur des socles support des piles, donc sous le niveau de la Seine.



*Maquette de l'ouvrage*

Le projet comporte également 4 gabions destinés à protéger l'ouvrage contre les chocs de navire. Il sera aussi réalisé 2 viaducs d'accès de longueur 150 et 450 mètres.

### Quelques chiffres

- Fondations des socles : 36 pieux de diamètre 1800.
- Béton : 21 000 m<sup>3</sup>.
- Armatures : 3 000 tonnes.
- Travées levantes : 2 400 tonnes.
- Mécanismes en tête de pylônes : 350 tonnes.

- *Lift bridge solution imagined by the group composed of Arcadis / Michel Virlogeux / Aymeric Zublena / Eurodim and Serf was chosen. This solution is both suitable for the tallest ships and well integrated into the urban environment.*

## 2. THE PROJECT

*The "lifting part" of the project is composed of two individual steel decks of 120 m span offering a 7 meters headroom in low position which can raise up to 55 meters in high position.*

*In the low position, these 1200 tons decks rest on the piers. In the high position, they are suspended at the top of concrete pylons composed of two tubular ovoidal columns..*

*The erection requires cable and pulley system moved by winches. The winches are located inside the pylons foundations, under the water level.*



*Coffrages grimpants*

*The structure is protected from eventual impacts by 4 gabions. In order to reach the bridge, two access viaducts measuring 150 and 450 meters respectively will be constructed.*

*Some figures:*

- *Foundations of columns' bases : 36 tubular piles 1800 mm diameter*
- *concrete : 21000 m<sup>3</sup>*
- *reinforcement : 3000 tons*
- *decks : 2400 tons*
- *top of pylons mechanisms : 350 tons*

### 3. LE BÉTON DES PYLÔNES

Véritables signaux de l'entrée Ouest de la ville, les pylônes se doivent d'avoir une esthétique parfaite.

Leur béton fait donc l'objet d'une attention particulière des concepteurs, de plus il devra répondre aux besoins des entreprises en matière de méthodologie de construction.

#### 3.1 Définition

Le cahier des charges de l'ouvrage contient les préconisations nécessaires à l'élaboration des formulations :

- ♦ Résistance caractéristique à 28 j : C40/50.
- ♦ Classe environnement fascicule 65 : EB1.
- ♦ Diamètre du plus gros agrégat  $D_{max}$  : 20 mm.
- ♦ Rapport eau efficace/ciment :  $E_{eff/c}$  : 0,50.
- ♦ Quantité minimale de ciment : 385 kg/m<sup>3</sup>.
- ♦ Type de ciment : CEMI à CEMIII/A 42,5 N.
- ♦ Protection contre l'alcali réaction : niveau C.
- ♦ Parement (P 18-503) :
  - ↳ Bullage E (3-3-2) → échelle 3
  - ↳ Teinte : T3 teinte claire niveau 1.
  - ↳ Désaffleurs de faibles amplitudes.
  - ↳ Joints non marqués.

#### 3.2 Les choix constructifs de l'entreprise

Pour la réalisation des pylônes, l'entreprise choisit la technique du coffrage grim pant. Cette technique consiste à réaliser la pile par tronçons verticaux successifs. Le matériel de coffrage utilisé pour couler un tronçon, s'appuie sur le tronçon inférieur coulé précédemment. Pour supporter sans dommage les charges apportées par le matériel de coffrage, le béton doit avoir une résistance à la compression de 10 MPa.

Le chantier réalisant un tronçon par jour, il s'écoulera environ 17 h entre la fin du coulage et la mise en charge des supports de coffrage. En conséquence, la résistance du béton à 17 h devra être de 10 MPa.

Enfin pour satisfaire l'exigence d'un parement le plus homogène possible en teinte, il est décidé de retenir un béton de consistance S4 (affaissement au cône d'Abraham de 160 à 210 mm). En effet avec une telle consistance, la durée de vibration est réduite, ce qui limite la ségrégation des grains de ciment, et donc le risque d'aspect hétérogène.

### 3. PYLON'S CONCRETE

As a monumental sign for the west entrance of the town, the pylons have to meet the highest esthetical standard.

Therefore, the concrete needs to be designed very carefully. Moreover, the concrete mix has to comply with the different contractor's needs in terms of the construction methodology.

#### 3.1 Characteristics

The technical schedule recommends the following mix formulations:

- ♦ Characteristic compressive cylinder strength of concrete at 28 days C40/5 (grade of concrete)
- ♦ Aggressive chemical environment for concrete class according to "fascicule 65: EB1".
- ♦ Diameter of the largest aggregate  $D_{max}$  : 20 mm.
- ♦ Water/cement ratio :  $E_{eff/c}$  : 0,50.
- ♦ Minimum quantity of cement : 385 kg/m<sup>3</sup>.
- ♦ Type of cement : CEMI à CEMIII/A 42,5 N.
- ♦ Protection against alkali-aggregate reaction : level C.
- ♦ Facing (P 18-503) :
  - ↳ Bug holes limitation E (3-3-2) → scale 3
  - ↳ Colour : T3 clear shade level 1.
  - ↳ Small amplitude flatness default
  - ↳ non-visible joints

#### 3.2 Contractor's solutions

The contractor chooses a climbing formwork solution for building the pylons. This technique consists of building successive vertical sections of the column. The equipment required to cast a section is supported by the one underneath. The concrete compressive strength has to be at least 10 MPa in order to support the load of the equipment.

In order to cast a section a day, the concrete is about 17 hours old when it has to support the weight of the next section. Consequently, concrete's strength at 17 hours must be 10 MPa.

Finally, to comply with the requirement in terms of colour homogeneity, it has been decided to use a concrete with S4 workability (Abraham's cone drop between 160 and 210 mm). Indeed, such stiffness allows a reduction of vibration time, which limits cement's grain segregation and therefore, which gives a more uniform finish.

## 4. LES FORMULATIONS PROPOSÉES

Il découle du chapitre précédent que les principaux critères à retenir pour la formulation sont :

- un parement clair
- une résistance aux jeunes âges de 10 MPa à 17 h.

Trois formulations ont été étudiées avec des liants différents :

- ① CEMIII/A 42,5 N CE PM ES CPI NF.
- ② CEMI 52,5 CE CP2 NF + filler calcaire.
- ③ CEM III A 42,5 N CE PM ES CPI NF avec ajout de CEMI 52,5 R CE CP2 NF.

Les premiers témoins et essais réalisés montrent que la solution ① est satisfaisante en teinte, mais qu'elle atteint difficilement les 10 Mpa à 17 h. La solution ② permet d'avoir la résistance à 17 h, mais donne une teinte un peu plus "molle", non satisfaisante. La solution ③ élaborée pour améliorer la résistance aux jeunes âges de la solution ①, ne peut être retenue, car le mélange de 2 ciments aurait été une innovation en France.

De ce fait après des essais de convenance, la maîtrise d'œuvre a imposé la solution ①.

- ↳ CEMIII/A 42,5 N CE PM ES CPI NF Gargenville (calcia) : 400 kg/m<sup>3</sup>.
- ↳ Granulats de Seine : 1750 kg/m<sup>3</sup>
- ↳ Eau efficace : 168 l/m<sup>3</sup> soit un E/C de 0,42.
- ↳ Super plastifiant Glénium 27 : 3,2 kg/m<sup>3</sup>.

La résistance à 17 h de cette formulation risque d'être insuffisante. Il est cependant possible de l'améliorer en utilisant des coffrages isolants ou un béton chauffé.

Pour la valider, il fut décidé de réaliser des études approfondies de sa résistance aux jeunes âges par simulation thermo mécanique.

## 5. LA SIMULATION THERMO MÉCANIQUE

### 5.1 Principe

Le but de cette étude est d'obtenir la résistance du béton de l'ouvrage en fonction de son âge, en intégrant un maximum de données parmi lesquelles :

- ↳ Forme de l'ouvrage.
- ↳ Formulation du béton.

## 4. PROPOSED FORMULATIONS

According to part 3, the main criteria are :

- a white finish
- 10 MPa strength at 17 hours

Three formulas have been studied with different binders:

- ① CEMIII/A 42,5 N CE PM ES CP1 NF (1)
- ② CEMI 52,5 R CE CP2 NF + limestone filler (2)
- ③ CEM III A 42,5 N CE PM ES CPI NF + CEMI 52,5 R CE CP2 NF (3).

The first tests showed that solution ① was satisfactory in terms of colour but hardly reached 10 Mpa strength within 17 hours. Solution ② attained the the required strength but with a poor visual aspect. Solution ③, although improving the early strength of solution ① could not be used because the mixing of two different types of concrete was not authorised in the standard.

Consequently, after pre-testing, the project management imposed formulation ① :

- ↳ CEMIII/A 42,5 N CE PM ES CPI NF Gargenville (calcia) : 400 kg/m<sup>3</sup>.
- ↳ Seine aggregates : 1750 kg/m<sup>3</sup>
- ↳ Effective water : 168 l/m<sup>3</sup> (Water / Cement Ratio of 0,42)
- ↳ Super plasticizing : Glénium 27 : 3,2 kg/m<sup>3</sup>.

There is a risk that this mix design had not sufficient early strength at 17 h. However, it is possible to improve it by using insulated formwork or heated concrete.

In order to validate the strength, we decided to carry-out detailed studies of early-aged strength using thermo-mechanical simulation method.

## 5. THERMO MECHANICAL SIMULATION

### 5.1 Principle

This study aims at obtaining the concrete's early strength according to its age using as much data as possible, this included:

- ↳ Structure's shape.
- ↳ Concrete's formulation

↳ Température extérieure.

↳ Température du béton frais.

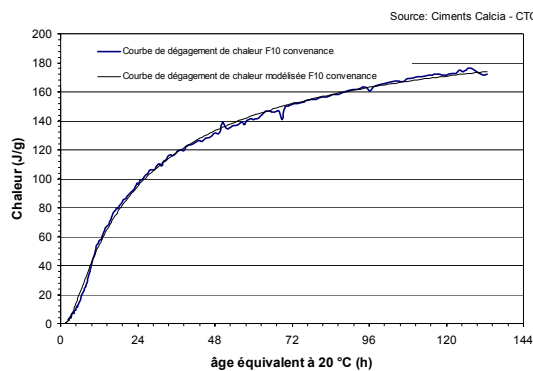
↳ Vitesse du vent.

↳ Phasage de réalisation.

Pour réaliser cette simulation, il est nécessaire de connaître des données propres à la formulation du béton :

#### La courbe de dégagement de chaleur :

Elle est déterminée par un essai type QAB : il s'agit de mesurer la chaleur dégagée par les réactions d'hydratation du ciment. Cette courbe est nécessaire pour déterminer l'évolution des températures dans l'ouvrage, soit son historique thermique.



Courbe de dégagement de chaleur  
(doc CTG (ItalCementi Group))  
Heat release curve

#### La courbe de référence :

C'est l'évolution de la résistance en fonction de "l'âge équivalent" du béton : elle permet de déterminer la résistance une fois l'historique thermique de l'ouvrage défini. Cette donnée est issue de la maturométrie.

### 5.2 La maturométrie

C'est une méthode d'évaluation des résistances aux jeunes âges basés sur le principe suivant : la résistance d'un béton aux jeunes âges ne dépend que de son historique thermique.

Ainsi la résistance d'un béton "in situ", ayant subi un historique thermique quelconque et âgé de "T" heures est égal à la résistance du même béton conservé à température constante de 20°, âgé de "Teq" heures (Teq = âge équivalent).

On passe de l'historique de température à Teq en utilisant la loi d'Arrhenius :

$$Teq = \int_0^T \exp \left[ -\frac{E}{R} \left[ \frac{1}{\theta b(\tau) + 273} - \frac{1}{293} \right] \right] d\tau$$

↳ Temperature

↳ Concrete's initial temperature

↳ Wind speed

↳ Construction sequence

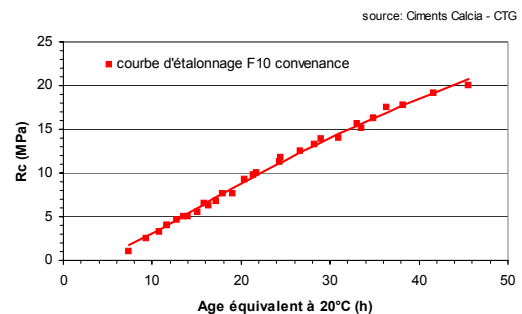
In order to carry out this simulation, it is necessary to know the data related to the concrete's formulation :

#### Heat release curve:

It is evaluated from type QAB test : the methods consists of measuring heat release due to the concrete's hydration reactions. This curve is necessary to determinate the temperature's evolution inside the structure (thermal history).

#### Reference curve:

It shows the evolution of strength in function of the "equivalent age" of concrete: having defined the thermal history, the reference curve can be used to determine the strength of the concrete. This data is obtained from maturometry method.



Courbe de référence  
(doc CTG (ItalCementi Group))  
Reference curve

### 5.2 Maturometry

It is a method used to quantify early strength based on the following principle : concrete's early-age strength is only a function of temperature history.

Thus, whatever its temperature history may be, in place concrete strength after T hours corresponds to the strength at Teq for the same concrete kept at 20° (Teq = equivalent age).

We calculate Teq with Arrhenius law :

$$Teq = \int_0^T \exp \left[ -\frac{E}{R} \left[ \frac{1}{\theta b(\tau) + 273} - \frac{1}{293} \right] \right] d\tau$$



$\frac{E}{R}$  est l'énergie d'activation. Elle indique la sensibilité

du béton à la température. Elle est déterminée en vérifiant qu'une formule de béton donnée, soumise à des historiques de température différents conduit à la même corrélation âge équivalent/résistance.

La courbe de référence est déterminée en écrasant des éprouvettes dont l'historique thermique est connu à différents intervalles de temps. On calcule l'âge équivalent (Teq) de ces éprouvettes et on trace la courbe résistance en fonction de Teq.

## 6. SIMULATION THERMO MÉCANIQUE POUR LES PYLÔNES

Le but de l'étude est de valider une résistance au décoffrage de 10 MPa à 17 h, résistance jugée difficile à obtenir avec une formulation CEMIII/A 42,5 N.

Nous testons donc 2 techniques améliorant la résistance aux jeunes âges.

### Un béton chaud

L'eau d'ajout est chauffée en centrale permettant de garantir une température minimale au béton livré. Les réactions d'hydratation du ciment sont alors accélérées.

### Un coffrage calorifugé

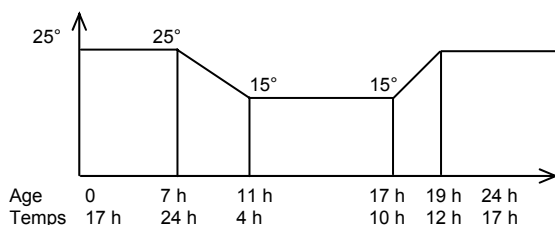
Les réactions d'hydratation du ciment sont exothermiques. La chaleur dégagée est maintenue dans le coffrage par le calorifuge. Cette chaleur a pour effet d'augmenter la vitesse des réactions d'hydratation du ciment.

Nous avons retenu plusieurs scénarii en fonction des saisons durant lesquelles sera réalisé l'ouvrage.

### 6.1 Les Scénarii

#### Eté

Température extérieure :



Température du béton mis en œuvre :  $\theta_b = 30^\circ\text{C}$ .  
Vitesse du vent : 2 m/s ou 10 m/s.  
Calorifugeage : avec ou sans.

$\frac{E}{R}$  is the activation energy. It indicates concrete

sensitivity to temperature. It is calculated by checking the fact that different thermal histories applied to a given concrete formulation lead to the same equivalent-age/strength correlation.

The reference curve is given by crushing test cylinders whose temperature histories has been plotted at different periods of time. One calculates the equivalent age (Teq) of these test cylinders and plots the curves describing the strength in function of the parameter Teq.

## 6. THERMO MECHANICAL SIMULATION APPLIED TO PYLONS

The studies must guarantee that 10 MPa early strength is achieved when the formwork is being removed after 17 h. Such a strength seemed to be hard to obtain with CEMIII/A 42,5 N formulation.

We then tested 2 alternative techniques in order to improve early-age strength.

### Warm concrete:

Additive water is heated during the process in order to obtain a minimum mix temperature. Consequently, hydration reactions are quickened.

### Insulated formwork:

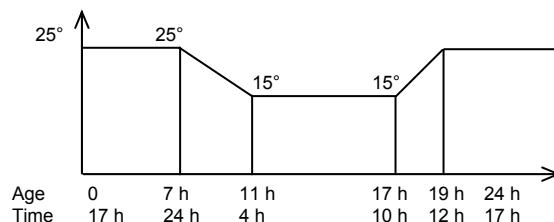
Cement hydration reactions are exothermic. Due to insulation, the heat released is maintained inside the formwork. The retained heat increases the cement hydration reaction speed.

We imagined several possible scenarios depending on the different seasons of work.

### 6.1 The scenarios

#### Summer

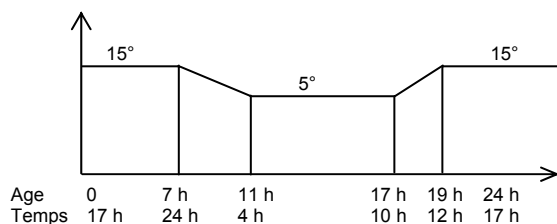
Outside temperature :



In situ concrete temperature :  $\theta_b = 30^\circ\text{C}$ .  
Wind-speed : 2 m/s ou 10 m/s.  
Insulation : with or without.

## Automne

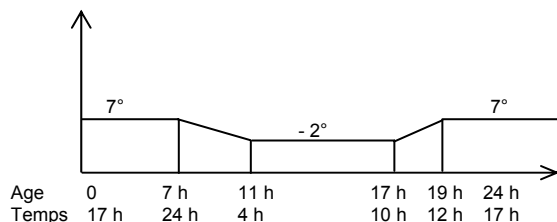
Température extérieure :



Température du béton mis en œuvre :  $\theta_b = 16$  ou  $22^\circ\text{C}$ .  
Vitesse du vent : 2 m/s ou 10 m/s.  
Calorifugeage : avec ou sans.

## Hiver

Température extérieure :



Température du béton mis en œuvre :  $\theta_b = 8$  ou  $14^\circ\text{C}$ .  
Vitesse du vent : 2 m/s ou 10 m/s.  
Calorifugeage : avec ou sans.

## 6.2 Synthèse des résultats

### Résultat été

|                              | Résistance à 17 h |
|------------------------------|-------------------|
| Vent 2 m/s : non calorifugé  | 8 à 12 MPa.       |
| Vent 2 m/s : calorifugé      | 18 MPa.           |
| Vent 10 m/s : non calorifugé | 5 à 10 MPa.       |
| Vent 10 m/s : calorifugé     | 18 MPa.           |

⇒ Le calorifuge est nécessaire même en été. Sans calorifuge, le vent fait fortement chuter la montée en résistance.

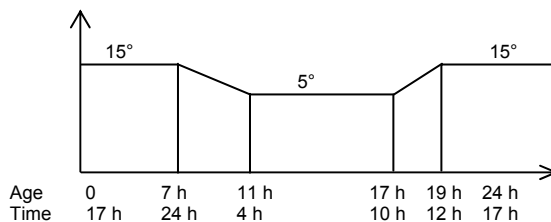
### Résultat automne ( $\theta_b = 22^\circ\text{C}$ = béton chauffé)

|                              | Résistance à 17 h |
|------------------------------|-------------------|
| Vent 2 m/s : non calorifugé  | 5 à 10 MPa.       |
| Vent 2 m/s : calorifugé      | 11 MPa.           |
| Vent 10 m/s : non calorifugé | 2 à 7 MPa.        |
| Vent 10 m/s : calorifugé     | 11 MPa.           |

⇒ Le calorifuge est nécessaire.  
⇒ Le béton doit être chauffé (7 Mpa pour  $\theta_b = 16^\circ\text{C}$ ).  
⇒ On note toujours l'influence néfaste du vent.

## Autumn

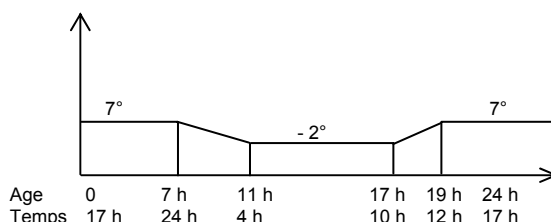
Outside temperature :



In situ concrete temperature :  $\theta_b = 16$  ou  $22^\circ\text{C}$ .  
Wind-speed:: 2 m/s ou 10 m/s.  
Insulation : with or without.

## Winter

Outside temperature :



In-place concrete temperature:  $\theta_b = 8$  ou  $14^\circ\text{C}$ .  
Wind-speed: 2 m/s ou 10 m/s.  
Insulation : with or without.

## 6.2 Results summary

### Summer results

|                             | Strength at 17 h |
|-----------------------------|------------------|
| Wind 2 m/s : non-insulated  | 8 à 12 MPa.      |
| Wind 2 m/s : insulated      | 18 MPa.          |
| Wind 10 m/s : non-insulated | 5 à 10 MPa.      |
| Wind 10 m/s : insulated     | 18 MPa.          |

⇒ Insulation is necessary even in summer. Without insulation, wind will severely reduce the strength increase.

### Autumn results ( $\theta_b = 22^\circ\text{C}$ = heated concrete)

|                             | Strength at 17 h |
|-----------------------------|------------------|
| Wind 2 m/s : non-insulated  | 5 à 10 MPa.      |
| Wind 2 m/s : insulated      | 11 MPa.          |
| Wind 10 m/s : non-insulated | 2 à 7 MPa.       |
| Wind 10 m/s : insulated     | 11 MPa.          |

⇒ Insulation is necessary  
⇒ Concrete must be heated (7 MPa at  $\theta_b = 16^\circ\text{C}$ ).  
⇒ Negative influence of wind still remains

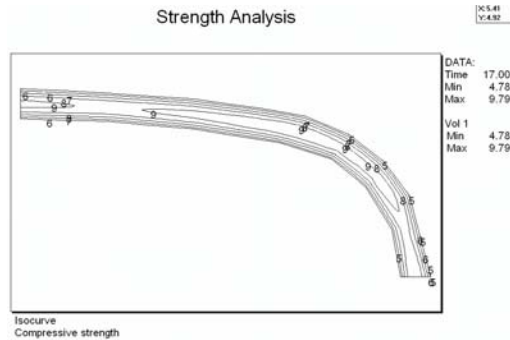
## Résultat hiver (béton chaud $\theta_b = 14^\circ$ et calorifuge)

|                              | Résistance à 17 h | Résistance à 24 h |
|------------------------------|-------------------|-------------------|
| Vent 2 m/s : non calorifugé  | -                 | -                 |
| Vent 2 m/s : calorifugé      | 4 MPa             | 10 MPa            |
| Vent 10 m/s : non calorifugé | -                 | -                 |
| Vent 10 m/s : calorifugé     | 5 MPa             | 10 MPa            |

- ⇒ Calorifugeage et béton chaud.
- ⇒ Décoffrage retardé.

### 6.3 Conclusion de l'étude

Quelle que soit la saison le coffrage devra être calorifugé. Pour la période automne la résistance de 10 MPa à 17 h sera obtenu en utilisant un béton chauffé. En période hiver, cette résistance sera obtenue à 24 heures minimum. Il sera alors nécessaire d'adapter le cycle de réalisation de l'ouvrage.



Analyse des contraintes  
Modélisation d'un quart de section de pylône  
(doc CTG (Italcementi Group))  
Stress analysis  
Model of a quarter of pylon section

## 7. LES RÉSULTATS OBTENUS SUR CHANTIER

La demande d'une teinte claire et homogène a été parfaitement respectée. La consistance demandée par le chantier S4, a également été obtenue avec des valeurs d'affaissement maintenues à 18 cm, 2 heures après fabrication.

Les résultats de l'étude thermo mécanique ont été confirmés. Les coulages réalisés par temps type "hiver" ont effectivement demandé une adaptation du cycle : une levée de coffrage tous les 2 jours par température inférieure à  $5^\circ$  au lieu d'une par jour.

La simulation thermo mécanique, s'est donc montrée particulièrement intéressante en révélant cet aléa et en validant les solutions béton chauffé et coffrage calorifugé.

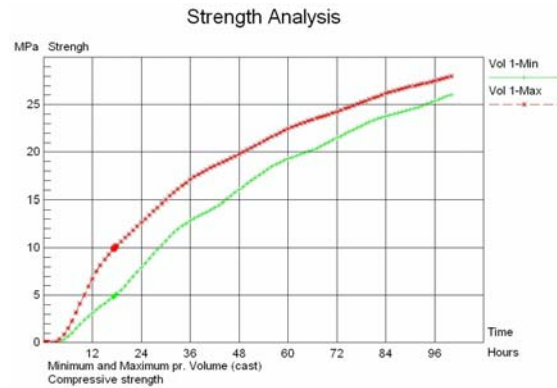
## Winter results (heated concrete ( $\theta_b = 14^\circ$ and isolation)

|                             | Strength at 17 h | Strength at 24 h |
|-----------------------------|------------------|------------------|
| Wind 2 m/s : non-insulated  | -                | -                |
| Wind 2 m/s : insulated      | 4 MPa            | 10 MPa           |
| Wind 10 m/s : non-insulated | -                | -                |
| Wind 10 m/s : insulated     | 5 MPa            | 10 MPa           |

- ⇒ Insulation and heated concrete.
- ⇒ Removal of formwork delayed

### 6.3 Conclusion

Whatever the season, the formwork will have to be isolated. In autumn, 10 MPa strength requires heated concrete. In winter, strength will be reached after a minimum of 24 h curing. Consequently, I will be necessary to adapt construction sequences.



Courbe de résistance en fonction du temps  
(doc CTG (Italcementi Group))  
Curve showing strength as a function of time

## 7. SITE RESULTS

Results in terms of colour (bright and uniform) have been achieved perfectly. Also, the S4 stiffness required was obtained with 180 mm cone drop after 2 hours.

The results of the thermo-mechanical studies have been also confirmed. The parts of the structure which have been constructed during winter-like periods required sequence adaptation: on a cycle of 2 days (for outside temperature beneath  $5^\circ$ ) instead of one cycle a day.

Thermo-mechanical simulation appears to be particularly efficient method by revealing this point and validating both heated concrete and isolating formwork method.



## 8. PRINCIPAUX INTERVENANTS

**Maître d'ouvrage** : Ministère de l'Équipement, des transports et du logement.

**Maître d'œuvre** : DDE 76.

**Maître d'œuvre de conception** : Arcadis / Eurodim / Michel Virlogeux / Serf.

**Cabinet d'architectes** : Aymeric Zublena.

**Entreprises** :

Quille, Eiffage TP : lot 1 Génie civil

Eiffel : Charpente métallique et mécanisme.

Victor Buyck SC : charpente métallique et mécanisme.

**Béton** : Fournisseur

⇒ Béton de France Nord Ouest CEMEX.

⇒ Unibéton Normandie

⇒ BRN

**Ciment** : Ciment Calcia

**Etudes maturométriques** : Laboratoire Béton de France / Cemex Nord Ouest.

**Etudes thermo mécaniques** : Laboratoire évaluation des matériaux CTG ItalCementi Group.

## 8. MAIN CONTRIBUTORS

**Owner**: Ministère de l'Équipement, des transports et du logement.

**Project manager**: DDE 76.

**Design management**: Arcadis / Eurodim / Michel Virlogeux / Serf.

**Cabinet d'architectes**: Aymeric Zublena.

**Contractors** :

Quille, Eiffage TP : lot 1 Civil Engineering

Eiffel : Steel construction and mechanism

Victor Buyck SC : Steel construction and mechanism

**Concrete** : Provider

⇒ Béton de France Nord Ouest CEMEX.

⇒ Unibéton Normandie

⇒ BRN

**Cement** : Ciment Calcia

**Maturometry studies**: Laboratoire Béton de France / Cemex Nord Ouest.

**Thermo-mechanical studies**: Laboratoire évaluation des matériaux CTG ItalCementi Group..



Les pylônes / The pylons

### Lexicon according to French Norm NF EN 197-1

- CEMIII/A: Blastfurnace cement class A
- CEMI: Portland cement
- 42.5 N: compressive strength 42.5 MPa with ordinary early strength
- 52.5 R: compressive strength 52.5 MPa with high early strength
- PM: sea-water resisting cement
- ES: Sulfate-resisting cement
- CP1: Cements with low initial heat of hydration and limited sulphide content - class 1
- CP2: Cements with low initial heat of hydration and limited sulphide content - class 2
- Filler calcaire : limestone filler