

Réduction importante des délais d'exécution du gros-œuvre dans le bâtiment: utilisation d'un nouveau système de coffrage mis au point en France

Autor(en): **Heerde, Werner**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **98 (1972)**

Heft 13: **SIA spécial, no 3, 1972**

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-71550>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Réduction importante des délais d'exécution du gros-oeuvre dans le bâtiment

Utilisation d'un nouveau système de coffrage mis au point en France

par WERNER HEERDE, ingénieur civil

1. Introduction

La rationalisation de la construction a déjà fait l'objet de beaucoup d'écrits et de discussions. A ce jour ces principes ne sont malheureusement pas souvent appliqués sur les chantiers. Bien au contraire, pour chaque bâtiment nouveau, il semble que les procédés de mise en œuvre soient chaque fois réinventés.

La base de la rationalisation est sans doute la standardisation des dimensions du bâtiment (longueur, largeur, hauteur des murs, entre-axes, etc.) du rez-de-chaussée à la toiture.

Dans de nombreux cas cette seule standardisation entraîne déjà de précieux avantages pour la rapidité de l'exécution et l'économie du projet, grâce à l'emploi de matériaux de série ou de dimensions très peu variables.

Nous ne parlons pas ici de la préfabrication lourde, bien connue, exigeant d'importants investissements et qui n'est pas forcément concurrentielle dans la construction d'un grand ensemble.

Il y a plusieurs années déjà, au lieu de préfabriquer murs et dalles, nous avons essayé de pré-assembler les coffrages sous forme de tunnels pour les dits murs et dalles qui pouvaient ainsi être bétonnés simultanément.

Un excellent exemple de cette méthode a été donné dans la construction de la cité-satellite du Lignon à Genève, qui a vu pour la première fois l'emploi de coffrages-tunnels utilisés sur une grande échelle (volume du bâtiment 1 million de m³).

Il convient de préciser les points suivants :

Dans la description d'une méthode de construction à base de béton coulé sur place, les spécifications techniques se rapportent à la structure du bâtiment, aux coffrages et aux bétons.

Les coffrages tunnels existaient déjà en 1964. Mais compte tenu de leur niveau technique à cette date, seuls les coffrages utilisés pour les 2700 appartements du Lignon ont donné entière satisfaction pour ce qui est de la qualité des surfaces finies, lisses, sans bavures d'accrochement ou déformations.

Une condition sine qua non de l'emploi des coffrages-tunnels réside dans la coopération collégiale entre architecte et ingénieur civil pour l'étude en commun d'une structure standardisée.

Les principes à appliquer pour une exécution rationnelle sur chantier doivent bien entendu être respectés dès le stade de l'avant-projet. Des étages semblables du rez-de-chaussée à la toiture, des cellules identiques avec murs et dalles en béton armé et façades préfabriquées, permettent non seulement une réduction du délai de construction, mais aussi un nombre d'ouvriers minimum et une installation de chantier modeste même pour un grand ensemble.

Nous nous sommes livrés depuis deux ans à une étude comparée systématique d'un coffrage-tunnel thermo-rétractil, utilisé à ce jour dans la construction de 20 000

logements en France, en Allemagne et, dernièrement à Genève, étude qui a fait l'objet d'une analyse particulière sur deux grands chantiers.

2. Description des chantiers utilisant les coffrages-tunnels

Les chantiers qui ont fait l'objet de nos observations sont situés en France, à Saint-Denis et à Amiens. Du type HLM, ils portent chacun sur 5000 logements. Le fait qu'il s'agisse d'HLM n'a d'ailleurs rien à voir avec la méthode d'exécution ou la qualité de la construction.

L'impression dominante au premier abord est un certain « vide » sur les chantiers : une grue, des éléments préfabriqués entreposés, une bétonnière de taille moyenne, un tas d'agrégats à béton, quelques baraques et une vaste place disponible et, ceci, pour une capacité de production de deux appartements / jour pour chaque chantier, avec un personnel de six à sept hommes pour le gros-œuvre.

Ainsi, sept hommes ont construit le gros-œuvre d'un bâtiment de 84 logements (surface brute 93 m²) en 48 jours ouvrables. Le volume de la construction est de 21 000 m³ environ, sans compter le sous-sol et le rez-de-chaussée qui ont été construits suivant un autre procédé (hors système).

Ce délai de construction de 48 jours est supérieur de 15 % seulement au temps théorique optimum sans incident ni interruption de cadence.

Murs et dalles sortent lisses, propres, sans bavures, bien pervibrés, les tranches contre façades intactes, ce qui permet un déplacement aisé des coffrages-tunnels et réduit à peu de chose les rhabillages visibles.

Les finitions intérieures, c'est-à-dire la pose des cloisons en carreaux de plâtre et des installations semi-préfabriquées de chauffage et de sanitaire suivent avec un décalage de trois étages. Aucun crépi n'est prévu sur les murs, aucune chape flottante sur la dalle brute. Quelques éléments du noyau central (cage d'escaliers et d'ascenseurs), sont préfabriqués sur place et posés après enlèvement du coffrage-tunnel.

Chacune des deux installations de chantier comprend :

- Une grue de 120 mt.
- Une bétonnière d'une capacité de production de 15 m³ par heure environ, avec un petit silo à ciment. En cas de nécessité d'appoint, il est fait appel à du béton frais fabriqué à l'extérieur.
- Une aire bétonnée de 200 m² pour la préparation des armatures de murs et de dalles.
- Un stockage d'aciers d'armatures et de gravier à béton correspondant à la consommation de trois jours, c'est-à-dire trois étapes.
- Un stockage d'éléments préfabriqués : volées d'escaliers, parois de cages d'ascenseurs, éléments de façades.

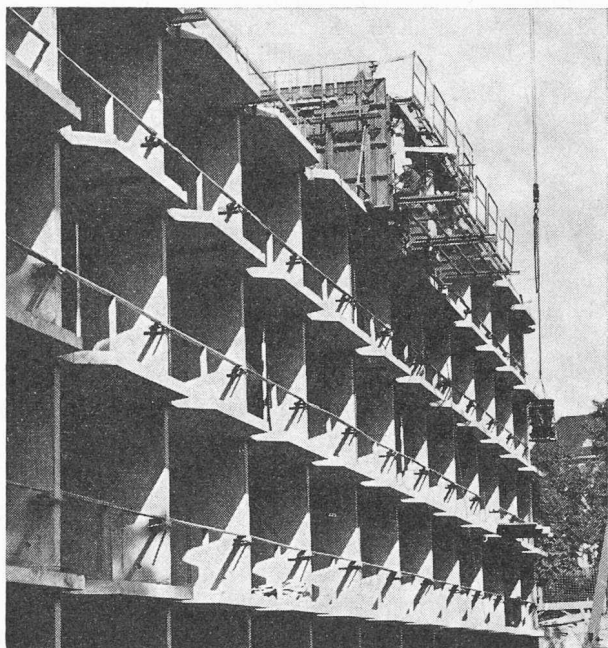


Fig. 1. — Façade d'un bâtiment exécuté avec un coffrage-tunnel.

La hauteur courante des bâtiments est de 10 à 12 étages. Dans cette conception d'HLM, il n'y a pas de balcons ou de loggias, d'où une faible largeur des bâtiments : 10,5 m à 11 m.

La finition des bâtiments est traitée d'une façon très simple, mais la qualité du béton constituant la structure du gros-œuvre est tout à fait bonne et correspond aux normes suisses.

Les surfaces de murs décoffrées reçoivent des tapisseries ou de la peinture, le sol des revêtements de feutre aiguilleté avec couche isolante incorporée.

Les isolations thermiques et acoustiques laissent beaucoup à désirer ; mais ceci n'a rien à voir bien entendu avec les procédés de construction du gros-œuvre.

Toutes les parois intérieures, sauf les murs porteurs séparant les appartements, sont montées en carreaux de plâtre. Il n'y a pas de travaux de maçonnerie sur ces chantiers.

Ce qui nous intéresse, c'est uniquement la rapidité de construction du gros-œuvre et les moyens employés pour arriver à ce résultat.

La standardisation de la structure porteuse, l'emploi d'un coffrage-tunnel très maniable, la cadence régulière de construction avec un minimum d'efforts humains, c'est tout cet ensemble de conditions qui a rendu possible une programmation quasi idéale de l'ensemble des travaux qui n'aurait pas été réalisable autrement.

Ainsi sept hommes peuvent construire 386 appartements d'une structure standardisée en 220 jours ouvrables. Ce nombre d'appartements correspond à un volume de construction de 97 000 m³ par an. Mais le chantier doit être suffisamment grand pour permettre une continuité pareille de la construction.

Cependant sur un petit chantier de 90 logements par exemple, la même cadence est applicable : sept hommes pendant 55 jours ouvrables environ.

Il faut prévoir une perte de temps de 15 % par rapport à la cadence théorique optimum d'exécution. Compte tenu des intempéries, des pannes et imprévus, de l'absentéisme pour maladie, des fautes d'organisation, etc., une cadence de 85 % par rapport à la valeur optimum est atteinte couramment.

Pour le maître de l'ouvrage, le procédé du coffrage-tunnel ne présente pas d'intérêt particulier en lui-même. Par contre, le volume de construction qu'il permet dans un délai très court et avec très peu de moyens, en fait une méthode de construction qui, proposée par l'ingénieur ou l'architecte, entraîne sur le chantier de multiples conséquences bénéfiques.

3. Exécution des travaux

Le programme journalier de travail pour la mise en œuvre du béton, observé sur un chantier de Saint-Denis (Paris), était le suivant. Ce programme est bien sûr identique pour n'importe quel autre chantier utilisant le coffrage-tunnel thermorétractil.

7 h. 00 Début des opérations de décoffrage avec trois ou quatre hommes : les étais sont débloqués, les ciseaux des tunnels descendus par l'action des treuils ; les vérins dévissés.

Deux hommes préparent les nappes d'armatures au sol.

7 h. 30 Abaissement des coffrages-tunnels pour les faire prendre appui sur leurs galets de roulement, extraction des éléments par la grue et transport sur le prochain lieu de réemploi.

Le temps d'utilisation de la grue est de 10 min. par élément. Son temps d'occupation maximum pour l'ensemble des phases, décoffrage et coffrage des tunnels et des banches, est de 1 h. 30 à 2 h., par étape et par jour.

Deux hommes préparent les nappes d'armatures.

9 h. 30 Nivelage et centrage des coffrages-tunnels de la nouvelle étape.

Simultanément les surfaces métalliques sont nettoyées et huilées (huile de coffrage en spray). Les coffrages d'embrasures sont posés, puis les treillis d'armatures pour les murs.

Sur l'armature de la dalle, préparée au sol, les tubes pour les fils électriques sont ligaturés.

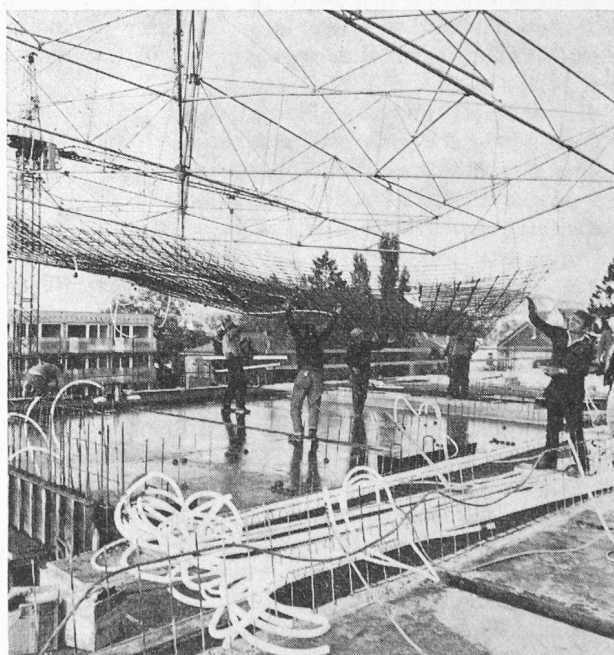


Fig. 2. — Pose de l'armature préfabriquée à l'aide d'une araignée.

Bétonnage des amorces de murs de l'ancienne étape.

Les boîtes de dérivation sont fixées sur les coffrages. Les éléments préfabriqués de cages d'escaliers et d'ascenseurs sont mis en place à l'étage précédent.

11 h. Pose du coffrage du noyau autour de la cage d'escalier. Le coffrage-tunnel est réglé en hauteur ; tiges, entretoises et étais sont mis en place. La position exacte des coffrages-tunnels est vérifiée.

Les éléments de protection, barrières et passerelles, sont contrôlés.

Les travaux d'assemblage au sol de la grande nappe d'armature sont menés à terme.

Trois ouvriers d'étage et le grutier prennent leur repas.

12 h. 30 Mise en place avec une araignée de la nappe d'armatures préfabriquée pour la dalle. La durée d'emploi de la grue est de 10 min.

Les trois autres hommes prennent leur repas.

14 h. Début des travaux de bétonnage. Sur la dalle, cinq hommes bétonnent simultanément murs et dalle sur une surface d'étage de 186 m² environ, correspondant à deux appartements. Un homme, (éventuellement deux), travaille à la bétonnière. La quantité de béton à mettre en place est de 50 m³ environ pour toute l'étape.

17 h. Fin des travaux de bétonnage. La dalle est talochée, la surface de travail nettoyée, les outils évacués.

Les radiants de chauffage sont réglés.

18 h. Fin des travaux sur le chantier. Le chauffage de la dalle est mis en route. Les deux ouvertures du tunnel sont couvertes avec une bâche. La surface de béton est couverte avec une feuille en plastique ou une bâche, afin d'éviter un séchage superficiel trop rapide.

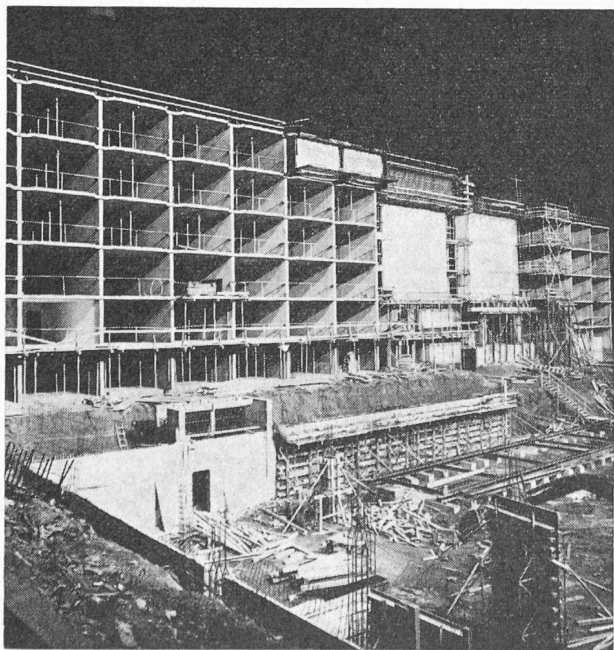


Fig. 3. — Un bâtiment de studios exécuté à l'aide du coffrage-tunnel.

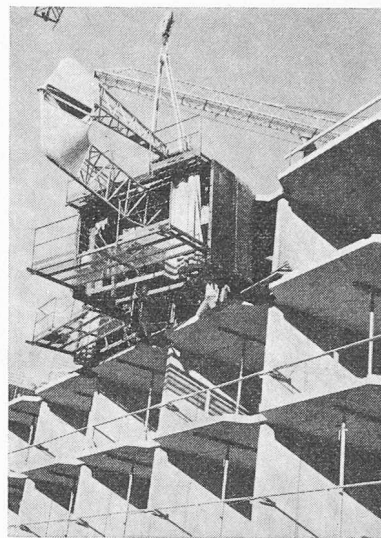


Fig. 4. — Déplacement d'un élément complet de tunnel.

En France, le procédé du coffrage-tunnel qui fait l'objet de cet article, a été officiellement agréé par le « Centre scientifique et technique du bâtiment », à Paris, établissement public chargé, entre autres missions, de l'analyse des nouvelles méthodes de construction.

Cet organisme a admis les valeurs moyennes suivantes, applicables en général, sans tenir compte des conditions particulières d'un chantier donné :

- Temps moyen de main-d'œuvre par m² de plancher : $\frac{40}{100}$ d'heure, décomposé de la manière suivante pour une surface horizontale de coffrage de 240 m², mis en œuvre par une équipe de huit hommes, disposant de huit coffrages-tunnels :
- Coffrage, décoffrage, nettoyage et réglage : $\frac{20}{100}$ d'heure
- Ferrailage : $\frac{5}{100}$ d'heure
- Coulage des murs, de la dalle et des amorces de murs supérieurs : $\frac{15}{100}$ d'heure

Les temps indiqués ci-dessus correspondent à l'analyse faite sur les chantiers décrits dans cet article :

- Temps de décoffrage et coffrage : 5 ½ h. environ (de 7 h. à 12 h. 30 au plus tard).
- La surface horizontale coffrée étant de 186 m², ces 5 ½ h. (330 min.) correspondent à $\frac{330}{186} = 1,77$ min. par m² et par homme, soit pour une équipe de sept hommes : $1,77 \times 7 = 12,39$ min./m². Il convient de noter que parmi ces sept hommes il y a deux ferrailleurs et un grutier.

4. Détails techniques

La qualité du béton est une condition essentielle pour que soit possible une rotation complète journalière conforme au programme précédent.

- a) *Composition du béton* : sable et gravier répondront aux conditions de la courbe EMPA ; le dosage en ciment Portland normal sera de 300 à 325 kg par m³ ; le facteur Eau/Ciment doit être réduit, la résistance nominale à la compression doit atteindre 300 kp/cm² après 28 jours. L'armature est constituée de treillis soudés, assemblés sur place.

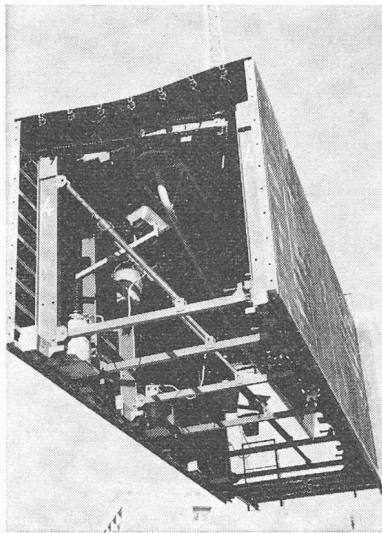


Fig. 5. — Vue sur un élément de coffrage-tunnel avec ses radiants de chauffage.

- b) *Fabrication du béton* : pendant toute l'année, l'eau de gâchage sera légèrement chauffée, ainsi que le gravier et le sable, avec la lance à vapeur. Pour réduire le facteur Eau/Ciment, l'emploi d'un adjuvant plastifiant peut être recommandé : par exemple 0,4 % de Plastiment-BV ou similaire. Le malaxage se fera de la manière habituelle. Toutefois, une fabrication automatique du béton avec petite « batching-plant »¹ est souhaitable.
- c) *Traitement ultérieur* : pour l'obtention d'une résistance à la compression suffisante à 14 heures d'âge, permettant la rotation journalière désirée, un traitement par chauffage contrôlé est nécessaire pour le béton de la dalle. Pour autant que celle-ci ne porte que son propre poids après décoffrage, ce qui constitue le cas normal, la résistance à la compression doit être de 120 kp/cm² environ, assurant un coefficient de sécurité à la rupture de 2 à 3 suivant la portée. Ces 120 kp/cm² seront atteints sans difficulté en 13 à 15 heures, grâce au traitement suivant.

Dans le coffrage-tunnel plusieurs radiants infrarouges, fonctionnant avec du gaz butane, sont montés sur des

¹ Installation mobile, avec silos, doseur automatique et malaxeur.

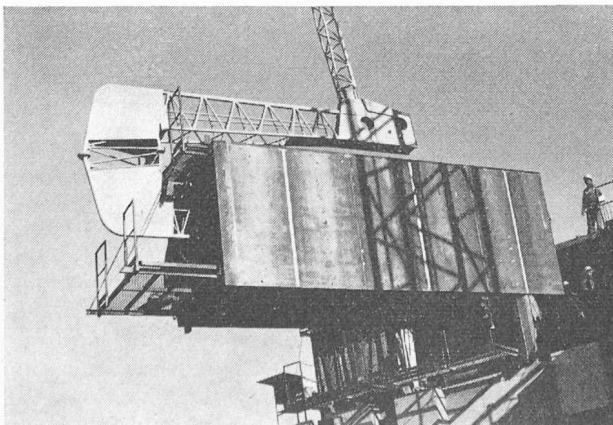


Fig. 6. — Extraction d'un élément de coffrage-tunnel.

supports télescopiques. Selon leurs dimensions chacun d'eux agit sur une surface de 5 à 15 m². Ils restent fixés aux éléments du coffrage-tunnel pendant les manœuvres de décoffrage et de déplacement.

Ces radiants sont allumés dès la fin de l'opération de bétonnage. Quatre ou cinq heures plus tard la température dans le béton est de 35 à 40°C et les radiants sont arrêtés. La température se maintient encore quelque temps dans la masse de béton ; elle se répartit très régulièrement sur la surface de la dalle grâce au coffrage métallique.

Selon la saison, le temps de chauffage peut être contrôlé, soit par un mécanisme, soit par la quantité de gaz dans les bouteilles.

Pendant la durée du chauffage, qui a lieu de nuit, les deux faces ouvertes des coffrages-tunnels sont fermées afin d'éviter de trop grandes déperditions calorifiques.

La surface de la dalle fraîchement bétonnée est aussi couverte d'une feuille de plastique ou d'une bâche.

Le lendemain, après décoffrage, la surface de la dalle est maintenue humide pour éviter une dessiccation du béton à la fin du chauffage. Chaque fois que cette précaution a été négligée sur ce grand chantier de Paris, une forte fissuration de retrait s'est développée dans la dalle.

Afin de contrôler la qualité du béton et sa résistance à la compression, des cubes d'essai sont confectionnés régulièrement.

Après le décoffrage, la dalle est étayée provisoirement pendant deux semaines environ, si sa portée dépasse 5 m.

5. Conclusion

Tous les chiffres mentionnés ci-dessus résultent d'analyses effectuées sur des chantiers et correspondent donc à des réalités.

Dans le cadre d'un projet de 600 logements dans le sud de la France (ZUP de Lormont à Bordeaux), un chantier partiel de 154 logements a été achevé en 6 semaines avec ces coffrages-tunnels thermorétractils. Un autre chantier partiel identique de 154 logements, exécuté de façon traditionnelle, a demandé 35 semaines.

Un programme de travail soigneusement élaboré, l'emploi de moyens très réduits en personnel et en matériel, pour un très gros volume de construction (pour le gros-œuvre), permettent un rendement tel, du point de vue économie et délais, que nous le considérons comme ne pouvant pas être dépassé actuellement sur un chantier avec utilisation du béton ordinaire.

Du point de vue constructif, ce procédé ne peut soulever aucune objection. Un rendement continu de 85 % de l'optimum théorique peut être atteint facilement sur n'importe quel chantier courant.

Bien évidemment, l'intérêt du maître de l'ouvrage pour une réduction des délais d'exécution est aussi important que la coopération fructueuse et la bonne volonté réciproque dans l'équipe technique, constituée initialement par l'architecte et l'ingénieur, auxquels viendra se joindre plus tard l'entrepreneur de gros-œuvre.

(Photos: COFFRAGES-NOE)

Adresse de l'auteur :

Werner Heerde
Ingénieur civil
Ch. Grosse-Pierre 11
1110 Morges