

## RESTAURATION DE MONUMENTS HISTORIQUES ENDOMMAGES PAR LE SEISME

Une série de monuments historiques situés au nord de la Bulgarie, et notamment dans les départements de Roussé et de Veliko-Tarnovo, ont été endommagés par le séisme du 4 mars 1977 dont l'épicentre se trouvait à Vrancea (Roumanie) et qui atteignit sur le territoire bulgare une intensité de 6,3 selon l'échelle MKS. Les dégâts matériels provoqués par les secousses telluriques et les documents publiés par l'Etat à ce sujet prévoyant une nouvelle délimitation des régions sismiques en R.P. de Bulgarie, ont posé des tâches supplémentaires à l'Institut national des monuments historiques. Les spécialistes de l'Institut devaient entreprendre d'urgence la restauration des édifices endommagés et la consolidation d'un grand nombre de monuments historiques selon la nouvelle délimitation des régions sismiques. En Bulgarie, la protection anti-sismique des monuments historiques classés d'importance nationale ou mondiale est d'un degré plus élevée que celle prévue pour les constructions civiles et industrielles, preuve d'une sollicitude toute particulière pour le patrimoine culturel. Il est déplorable que le séisme ait endommagé quelques uns des spécimens les plus intéressants du modern style viennois d'une architecture et d'une décoration très riches, ainsi que des monuments remarquables de l'architecture bulgare du Moyen Age et du Réveil national: la tour de la forteresse de la ville médiévale de Tcherven (département de Roussé), l'église Sveta-Troïtsa (Ste Trinité) et la tour de l'horloge à Svichtov datant du Réveil national ainsi que des édifices publics de la fin du XIXe et du début du XXe siècle à Svichtov dont l'Ecole commerciale, ainsi que la Bibliothèque départementale, la Maison du nouveau-né, le Musée d'Histoire départementale, le Palais de la Justice, etc. à Roussé. Tous les monuments historiques très gravement touchés par le séisme possédaient une grande masse (des murs épais), une hauteur importante, des planchers déformables portant une lourde charge, un mauvais sol d'assise (du loess à affaissement de second degré) et les différents éléments de leur construction n'avaient pas la rigidité nécessaire aux forces horizontales.

Nous évoquerons la consolidation et la restauration de trois des monuments que nous avons cités: la

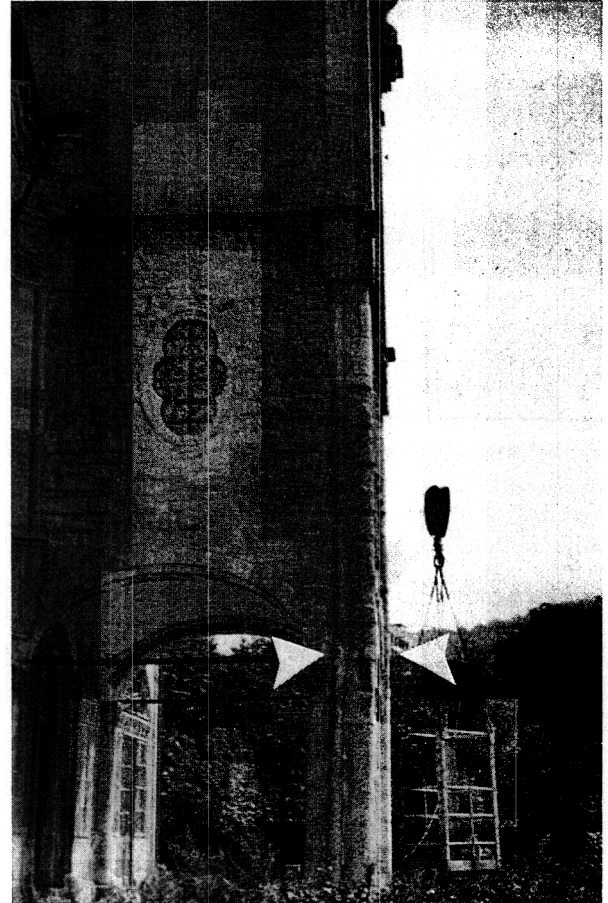
tour de la ville médiévale de Tcherven, l'église Sveta-Troïtsa (Sainte-Trinité) et l'Ecole commerciale à Svichtov.

La tour de Tcherven est un ouvrage de fortification du type ouvert en maçonnerie de pierre et mortier de chaux d'une épaisseur de 110 cm. Elle conserve des vestiges des planchers des différents étages. Le mur ouest en porte-à-faux est percé de meurtrières. En raison du dénivellement important du terrain, ce mur s'appuie sur un autre mur haut d'environ 10 m. Les fondations de la tour sont portées par un massif rocheux.

Pendant le séisme, la partie en porte-à-faux de la tour qui a subi la secousse (direction nord-sud) a été détruite en l'absence de toute interaction entre les divers murs et éléments de la construction assurant sa rigidité.

.. Svichtov. L'église Sveta Troïtsa avant le séisme





2. L'église après le séisme: à gauche — angle nord-est, à droite le clocher déséquilibré

Le projet de restauration de la tour a résolu le problème essentiel: la construction portant la charge sismique et son propre poids doit correspondre au plan et aux façades de la tour. La partie en porte-à-faux est appuyée sur un système de poutres et deux puissantes colonnes ancrées aux murs nord et sud dans les niches prévues pour des poutres „santratch“. La partie supérieure de la console a été composée, par une section prismatique revêtue en pierre d'après des détails architecturaux spéciaux et portant les ouvertures propres à l'original. Cette solution permet de réduire les charges permanentes. Les efforts de compression, de flexion et de torsion provoqués par les secousses sismiques et le poids de l'édifice ont été pris en charge par les colonnes et la maçonnerie du premier étage. Une ceinture en béton-armé a été posée au niveau du terrain de combat entourant la section ouverte de la tour et encadrant les murs nord et sud fissurés par le séisme. La construction en béton armé se détache nette-

ment de l'original dans les parties visibles (les niches prévues pour les poutres „santratch“). Dans les autres parties elle est dissimulée dans les dimensions architecturales et projetées en accord avec les normes de la construction anti-sismique en République populaire de Bulgarie.

Le projet a été réalisé.

L'église Sveta-Troïtsa (Sainte-Trinité) de Svichtov est due au célèbres bâtisseur du Réveil national bulgare, Nikola Fitchev. C'est une église à trois nefs, quatre coupes et un clocher dans la partie ouest. L'église est couverte de coupes de brique appuyées sur des colonnes de pierre par un système d'arcs transversaux et longitudinaux de pierre. Les forces horizontales sont prises en charge par un système de tirants au niveau des chapiteaux. Nous avons établi une unité de matériaux non homogènes de rigidité et de résistance peu importantes aux forces horizontales. La corniche extérieure suit ingénieusement le rythme des voûtes. Les murs

extérieurs, épais de 1 m 20, sont en pierre et mortier de chaux. Le clocher est appuyé sur le mur ouest et sur quatre colonnes de pierre reliées par des arcs et des tirants en acier. Il est à trois étages et s'élève à 37 m du sol (y compris la flèche).

Pendant le séisme, le toit de l'église fait en matériaux non homogènes s'est totalement déformé et s'est affaissé à l'angle nord-ouest. Les colonnes, reliées par des articulations à la toiture et au sol se sont fissurées et penchées. Les arcs de pierre se sont désalignés en ouvrant des interstices. Le manque de rigidité des articulations inférieures a provoqué des fissures dans le clocher qui s'est incliné dans le passage entre les colonnes et la cote 5,10. La surcharge a entraîné des fissures obliques des colonnes dont les pieds se sont affaissés en se fissurant. La restauration a insisté sur deux points:

- la consolidation du sol d'assise (loess) par silicatage en injectant du verre soluble,
- la consolidation du clocher et de la nef de l'église.

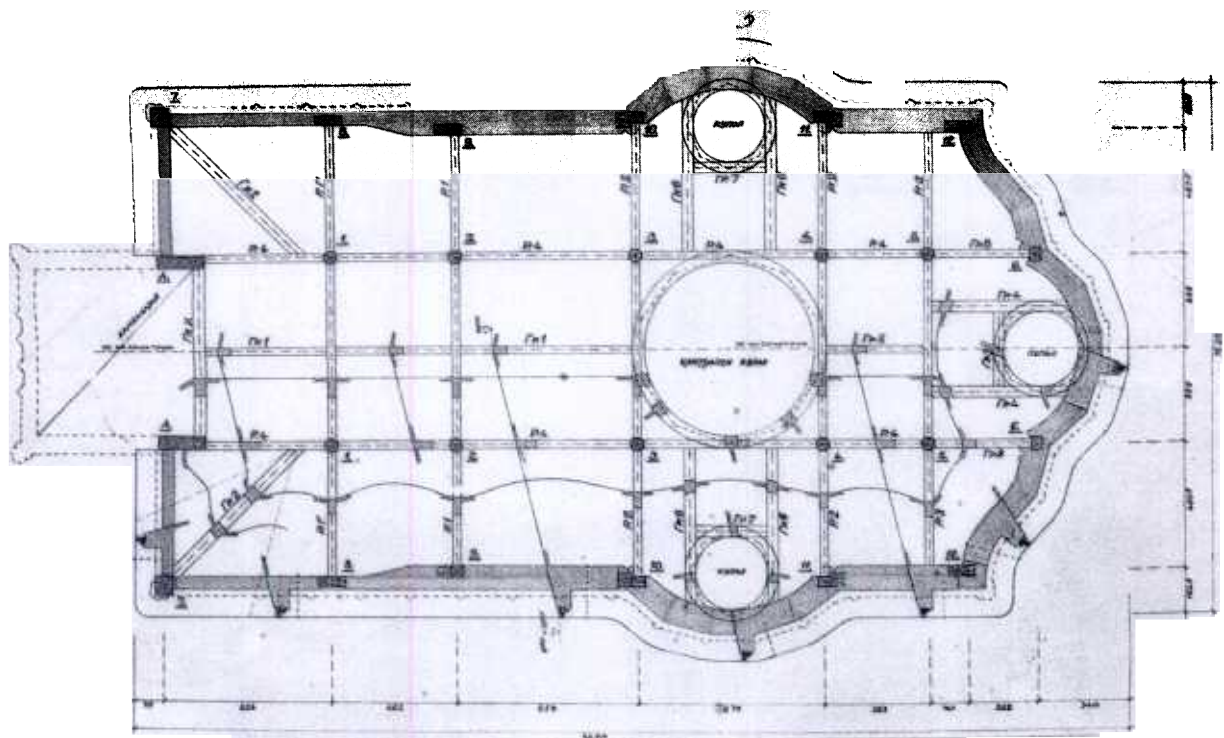
L'examen photogramétrique précis de la répartition des masses et des rigidités en hauteur dans le clocher a établi une absence totale de rigidité cor-

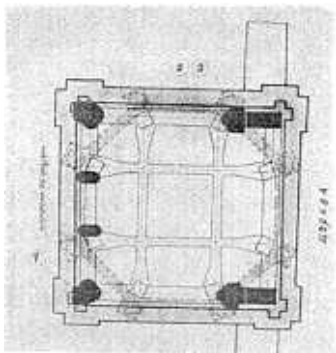
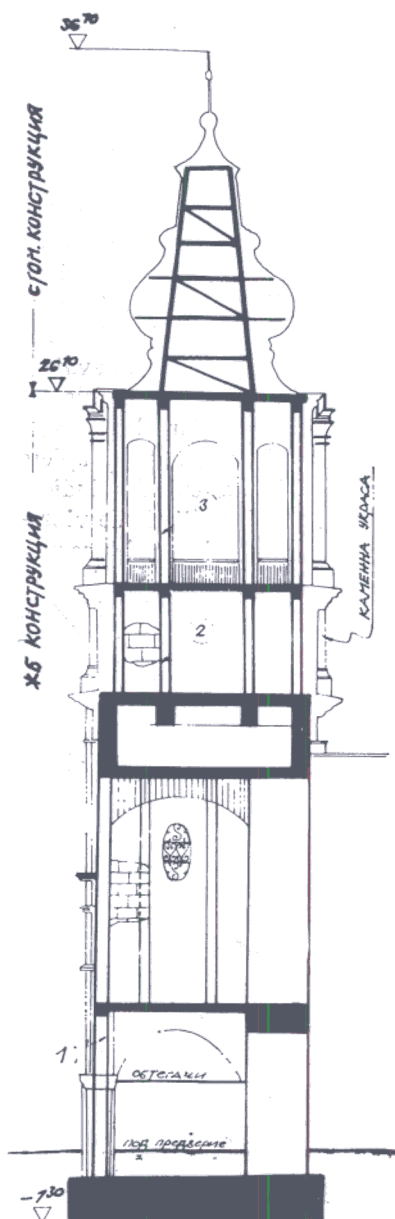
respondant aux masses, réparties de manière irrégulière, et la présence de nombreuses ouvertures. La consolidation a été rendue très difficile par les riches sculptures ajourées surtout dans les parties inférieure et supérieure du clocher. Ces données et les dimensions ne permettant pas une construction double ont obligé les spécialistes à démonter entièrement le clocher. Tous les éléments, constructions et sculptures en pierre ont été conservés et seront appliquées sur une nouvelle construction de cadre en béton armé. Là où les éléments porteurs avaient un profil significatif pour l'architecture extérieure, celui-ci a été repris et exécuté pendant le coffrage. Ainsi, le clocher a été doté d'une ossature complète dans les deux sens. L'établissement des indices dynamiques: — la période et l'amplitude de vibration, l'importance des forces sismiques, les combinaisons défavorables de forces et les dimensions — a été étudié par le Centre de calcul électronique du ministère de la Construction et des Matériaux. Les fondations seront appuyées sur une dalle de fondation après silicatage du sol d'assise.

La réalisation du projet est en cours.

L'architecture ajourée, les dimensions, la toiture

### 3. Projet de consolidation de la toiture de l'église





4. Projet de consolidation du clocher: en haut — coupe verticale, en bas — plan au niveau 15,50 m

accidentée de la nef, ainsi que les qualités irrégulières des matériaux utilisés n'ont pas permis l'implantation d'une construction portante double. L'examen des rigidités et du degré de destruction ont entraîné là aussi un démontage complet. Les murs ont été conservés jusqu'au niveau des corniches. L'intérieur de l'église est orné de fresques. La construction d'une ossature horizontale et verticale a été décidée, ossature du type fermé, appuyée sur une grille de poutres installée sous le plancher. Les colonnes intérieures seront coullées pendant le coffrage selon la disposition de l'église. Les arcs en pierre et les tirants seront reliés aux poutres de la grille. Le sol d'assise a été soumis à un silicatage. Le centre de calcul électronique que nous avons déjà cité s'est chargé d'établir tous les paramètres du système dynamique et de fixer les dimensions, La démontage a été effectué à l'aide d'une grue automotrice.

La réalisation du projet est en cours.

L'Ecole commerciale de Svichtov date de la fin du XIXème siècle. C'est une construction massive, à murs porteurs en brique, généralement d'une épaisseur de deux briques, les planchers sont en poutres d'acier supportant des voûtes d'une portée de 6 mètres entre supports. L'isolation thermique et phonique a été obtenue à l'aide de sable sec tamisé servant de support aux lambourdes et au parquet des planchers. Cette construction a inutilement accru le poids du bâtiment. Les façades et l'intérieur de l'édifice étaient décorée de sculptures en pierre et en plâtre et d'ornements polychromes, ainsi que de riches éléments en céramique ou mosaïque. La toiture était en fermes de bois recouvertes de tôle. Le séisme a entraîné l'affaissement de toute la toiture en raison de la concentration des forces. Les planchers de deux étages au-dessus de l'amphithéâtre et de la salle des enseignants d'une surface de 200 m<sup>2</sup> se sont également affaissés. Les murs épais ont été fissurés et déformés par les forces d'inertie importantes. Le monument est devenu inutilisable. Le projet a deux objectifs principaux: améliorer l'état du sol d'assise et rendre l'édifice monolithe et rigide, capable de résister à des forces horizontales et dynamiques, comme suit:

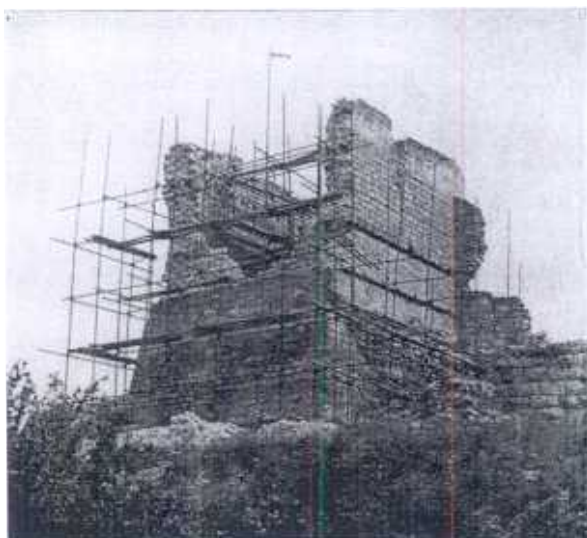
**Sol d'assise:** Le silicatage a permis de consolider la structure minérale, d'accroître le module de déformation et les charges de sécurité du sol, correspondant aux charges réelles.

**Maçonnerie:** Le projet a prévu une nouvelle construction porteuse correspondant aux dimensions de l'édifice d'origine, l'allègement des planchers, la réduction de l'épaisseur inutile des murs, la fixation de tous les éléments de la toiture dans la

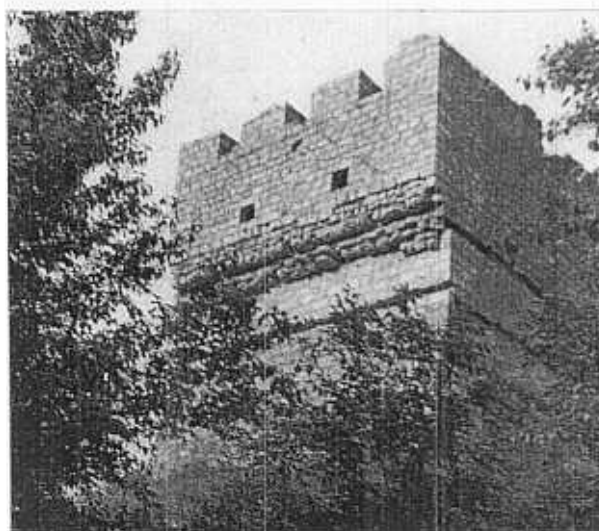


Svichtov. L'Ecole commerciale après le séisme

6. La cité médiévale de Tcherven. La tour fortifiée après le séisme



7. La tour fortifiée après restauration



partie supérieure des murs porteurs déjà consolidés par des accouplements des boulons et des tirants longitudinaux et transversaux. Le béton armé a été dans un système de ceintures, de colonnes, de poutres et de dalles (là où cela a été possible) posés dans des canaux creusés dans la maçonnerie. Pour renforcer la rigidité des planchers du premier étage, une solution intéressante a été adoptée: les poutres en béton armé des „voûtes prussiennes“ n'ont pas été démontées, mais reliées par une pinoche — une mince dalle en béton armé posée sur elles au niveau du plancher. Des systèmes de murs en briques encadrés par des constructions en béton armé, suffisamment rigides et de déformabilité connue portent les charges dynamiques des planchers. Ces charges ont été réparties selon les centres de masse généraux. Il a été permis de démonter tous les éléments décoratifs des façades et de l'intérieur de l'édifice, après leur enregistrement par des dessins

ou des échantillons. Le projet est en cours de réalisation.

Ces exemples illustrent la complexité des tâches relatives à la restauration de monuments historiques endommagés par des séismes. Il est nécessaire de faire une analyse précise et détaillée des raisons qui ont entraîné la destruction du monument et des possibilités d'appliquer les réalisations de l'ingénierie moderne, tout en conservant le maximum de vestige de l'original. Grâce à une riche expérience, à des études ingénieuses et à un choix optimal des matériaux et des technologies, on serait en mesure de rendre la vie aux ouvrages dus au génie de l'ancien bâtisseur Nikola Fitchev, gravement endommagés par le séisme.

Kiril GUEORGUIEV  
Bojana ETIMOVA  
Gueno TOTEV

## SUMMARY

*The essay treats of the measures taken to consolidate and restore architectural monuments damaged on March 4 1977 by the earthquake with its epicentre in Vrancea, Romania. Monuments in the Turnovo and Rousse districts in Bulgaria are characterised by their static and dynamic stability. The engineering and geological characteristics of the loess soil on which they stand ensure a state that will make collapse impossible. Depending on the type and condition of the construction, on the specific nature of each monument, on its having or not decorations of stone or of plaster of Paris on the façades and in the interior, the essay describes the measures taken to restore the damaged monuments and their reinforcement against eventual earthquakes. Given as examples are the School of Commerce and the Holy Trinity Church in Svishtov (the latter built by Nikola Fichev, the most eminent*

*matter builder of the Bulgarian National Revival period) and a fortress tower in the mediaeval town near the village of Cherven. The restoration drafts were worked out by engineers of the National Institute of Cultural Monuments and certain decisions are being implemented according to the programme of the Building Cybernetics Institute at the Ministry of Building and Building Materials.*

1. Svishtov — Sveta Troitsa Church before the earthquake
2. The church after the earthquake: left — north-east corner; right — belfry's loss of balance
3. A project for the consolidation of the church roof
4. A project for the consolidation of the belfry — vertical section and plan
5. Svishtov — the School of Commerce destroyed by the earthquake
6. The mediaeval town of Cherven: the fortress tower after the earthquake
7. The fortress tower after restoration