

## Rapport technique / domaine du génie-civil

### Contenu : Relèvement de dalle

Rédaction : Corminboeuf Lola / 1564 Domdidier  
Léger Alan / 1976 Erde  
Date : 12 mars 2024

#### Introduction

De nos jours, les constructions de bâtiments, routes et ouvrages d'art peuvent être réalisés sur différents types de sol. En effet, grâce à divers sondages, nous pouvons déterminer la nature du terrain et sa résistance à la compression, ce qui permet de réfléchir à la méthode de renforcement du sol, telles que l'utilisation de pieux, de micropieux ou éventuellement de fondations.

Malgré toutes ces précautions, des affaissements peuvent survenir lors de la réalisation de l'ouvrage.

Certaines entreprises ont trouvé la solution de développer des méthodes qui permettent le relèvement de dalle ou la stabilisation de route.

#### Domaines d'application

Le procédé d'injection de résine expansive peut être utilisé dans deux domaines d'application différents, notamment dans le cas d'un relèvement de dalles. Cette méthode sera adaptée à tous types de dallages : dallages industriels affaissés, dalles d'entrepôts de stockage, dalles de maisons individuelles.

L'autre domaine d'utilisation touche le relevage des chaussées en béton, que ce soient des routes, des chemins agricoles ou des pistes d'aéroport. Souvent, les dégradations sont liées à l'accumulation de lourdes charges et aux sollicitations dynamiques.

Dans la plupart des cas, ces travaux consistent donc à relever les ouvrages, mais peuvent également avoir une fonction de stabilisation du sol, car un affaissement apparaît si un terrain n'est pas ou plus suffisamment porteur.



#### Principe

Pour exécuter ces travaux de relevage, l'entreprise spécialisée utilise des paramètres de calcul et un logiciel développé par elle-même qui déterminent le nombre de percements au mètre carré, leurs positions et leurs profondeurs. Un certain nombre d'informations sont alors nécessaires : étude géologique, carottage, tests au pénétromètre, charges reprises par l'ouvrage, charges admissibles au sol... Il faut ensuite mettre ces

caractéristiques en lien avec la hauteur à relever pour que le logiciel fasse ses calculs. Il n'y a donc pas de règle, car tout dépend des caractéristiques de la situation et de la spécificité du travail.

L'inventaire est en revanche très simple. L'entreprise Urettek, par exemple, se déplace uniquement avec un camion de 14 ou 18 tonnes et est donc totalement autonome. À l'intérieur, il y a les conteneurs avec les composants à utiliser pour la résine, les lances et tout un inventaire de petits matériels tels que foreuses de différents diamètres et longueurs, gonfleurs, caméras. L'équipe sur place se compose de 2 à 3 personnes, avec toujours un chef d'équipe et 1 ou 2 assistants.

L'exécution des injections se fait selon les étapes suivantes :

### 1. Percement

Une fois le nombre de percement déterminé, il faut faire les trous avec une foreuse avant de placer les lances à l'intérieur. Ces percements se font généralement à travers les dalles ou les fondations, mais peuvent aussi bien se faire depuis les côtés de l'ouvrage selon la situation. Il est possible que le forage s'arrête quelques centimètres seulement en-dessous de l'élément, mais il peut également atteindre des profondeurs jusqu'à 15 mètres au maximum. Comme expliqué en-dessus, cela dépendra en partie des charges de l'élément.

### 2. Injection

Depuis le camion, les composants de la résine sont dirigés séparément par deux tuyaux de 70 mètres jusqu'à un pistolet injecteur, où le mélange se fait. Ces tuyaux sont chauffés, car la résine doit être entre 25 et 55° (selon les résines) pour que la réaction chimique se fasse. La résine est donc injectée à l'état fluide au droit des points d'injection et à l'intérieur des lances, qui ont des petits trous de 12 millimètres espacés sur la longueur de la tige. Elle pénètre ainsi dans tous les vides sous l'ouvrage avant de se solidifier progressivement en devenant comme un gel, puis totalement solide en l'espace de quelques secondes. Cette transformation se produit grâce à une réaction chimique engendrée par le mélange des composants. L'expansion de la résine lui permet alors de prendre plus de place au fur et à mesure de sa solidification et d'exercer une pression sous l'ouvrage. C'est ce phénomène de gonflement et de pression issue de la polymérisation de la résine qui permet le relevage d'éléments très lourds. La prise se fait rapidement et les premiers millimètres du relevage se remarquent immédiatement. Ensuite, les lances sont généralement coupées et laissées dans le terrain, ou parfois retirées selon la situation.



*Lance insérée dans le sol*



*Trous de 12mm dans les lances*

### 3. Contrôle

Pour garantir une exécution correcte, plusieurs étapes de contrôle sont mises en place. Tout d'abord, tout au long de l'exécution, l'entreprise effectue des contrôles de niveau à l'aide de lasers rotatifs. En utilisant des applications de calcul, elle détermine également approximativement la quantité de résine à injecter en fonction des besoins du projet. Pour les projets de grande envergure ou les grandes surfaces, le suivi peut être effectué par un géomètre ou à l'aide d'un radar.

Cependant, sur certains projets, nous pouvons rencontrer différents types de sols, alors l'expérience du chef d'équipe est précieuse.

Pour finir, des tests au pénétromètre peuvent être réalisés pour évaluer l'efficacité des travaux en mesurant la résistance et la densité du terrain traité.

### Données de mise en œuvre

Diamètre de perforation :	12 à 28 mm
Vitesse de l'intervention :	Environ 15m <sup>2</sup> (bâtiment) ou 150m <sup>2</sup> (route)*
Maillage des points d'injection :	environ 1 injection par 1,5 m <sup>2</sup>
Distance maximum entre le camion atelier et le chantier :	80 m
Hauteur de relevage :	selon souhaits et possibilités techniques

\*Tout dépend du nombre d'ouvriers dans l'équipe

### Avantages et inconvénients du système

Avantages :

- Procédé propre et sans poussière
- Mise en œuvre rapide
- Peu d'installation de chantier
- Relevage possible sans enlever les charges présentes (dans le cas d'habitation)
- Contrôle de la précision avec des niveaux laser

Inconvénients :

- Résine non-biodégradable
- Lances à utilisation unique
- Profondeur limitée à 15 mètres
- Système pas approprié dans la tourbe

### Propriétés de la résine expansive

La résine est un mélange de deux composants : le polyol et l'isocyanate. Une fois que ces deux éléments entrent en contact, la résine commence à faire sa prise. La fabrication de ces résines est réalisée dans des entreprises chimiques.

Les composants des produits actuels présentent une prise rapide, ce qui limite la quantité de composants pouvant être libérés dans le sol. De plus, des mesures de sécurité strictes sont mises en place lors de l'injection pour éviter que de la résine qui n'a correctement durci, ne soit pas libérée dans le terrain. Jusqu'à aujourd'hui, aucun effet négatif sur les eaux souterraines et le sol n'ont été constaté selon plusieurs études réalisées.



## Cas pratique – Travaux de relevage d'un passage inférieur

Nous allons étudier le cas du chantier d'une gare dans le district du Vully (FR) où la résine expansive a été employée. Il s'agissait de la création de nouvelles voies, de piliers pour les nouveaux quais, d'escaliers et d'un passage inférieur. Des sondages jusqu'à 15m de profondeur avaient été effectués avant le chantier et l'étude géologique avait démontré que le sol était plutôt mauvais en profondeur et très sableux. De plus, l'enceinte du chantier se trouvait dans une nappe phréatique qui se trouvait à environ 2m sous le niveau du terrain en place. Des mesures avaient été prises pour s'adapter à cette géologie, notamment par la mise en place de palplanches jusqu'à 13m de profondeur pour permettre l'exécution des travaux et la construction de micropieux sous l'ouvrage. Toutefois, le maître d'ouvrage n'avait pas souhaité faire exécuter de micropieux sous la rampe menant au passage inférieur.



*Zone touchée par l'affaissement*

Après la réalisation de la paillasse de l'escalier et des murs autour de la rampe, le rideau de palplanches du côté droit a été enlevé par une autogruie à l'aide d'un vibrofonceur. Ainsi, les vibrations dans le sol et l'eau de la nappe phréatique qui mettait de la pression sur les palplanches ont créé comme des sables mouvants qui ont engendré un affaissement de la zone de l'escalier menant au passage inférieur. L'affaissement a été remarqué à cause des nombreuses microfissures sur les murs, et également grâce au géomètre qui a rapidement vu à l'œil nu qu'une étape de mur n'était plus alignée aux autres. En effet, il y avait environ 8cm de décalage à droite de l'escalier, et un peu plus de 6cm à gauche. La première marche de l'escalier ne reposait même plus sur le sol.



*Différence de hauteur des murs*



*Espace sous l'escalier*

L'entreprise a d'abord exécuté d'urgence une longrine au sommet de l'escalier, qui était reliée à des micropieux pour assurer son ancrage. Ensuite, il a également été question de combler les vides dans le terrain pour éviter un affaissement plus important, et c'est là qu'intervient la résine expansive détaillée dans ce document.

Dans le contexte de ce chantier, la résine n'a pas été utilisée pour relever les 8 cm d'affaissement, mais pour stabiliser le terrain. En effet, comme l'enceinte du passage inférieur est entièrement emballé dans une étanchéité, il y avait trop de risques que l'étanchéité se perce. Cette contrainte a également impacté la mise en œuvre du système : plutôt que de percer la rampe, la résine a été injectée sous la paillasse de l'escalier en ne passant qu'à travers le terrain.

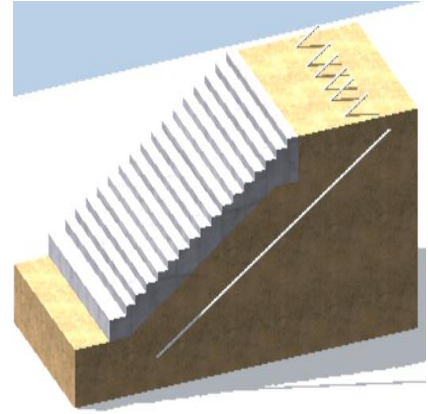
L'entreprise spécialisée s'est installée en un demi-jour et a exécuté les travaux en un jour, avec une équipe de trois personnes. Dix percements de 12 millimètres de diamètre ont été fait sur toute la largeur de l'escalier, alternant une profondeur de 2,5 à 5 mètres. Afin d'être sûr que les vides avaient bien été comblés, la résine a tout de même été injectée de sorte à faire relever l'ouvrage d'1 centimètre. Les lances ont été coupées et laissées dans le terrain.



*Camion d'intervention*



*Pistolet d'injection*



*Schéma injection*

Pour corriger le niveau supérieur du mur, il a été hydrodémoli sur 20 centimètres, puis reconstruit, et les hauteurs des marches de l'escalier, qui n'avaient pas encore été bétonnées, ont été adaptées.

## Conclusion

Le procédé d'injection de résine expansive trouve des applications aussi bien dans le domaine du génie civil que dans celui du bâtiment. Son avantage réside dans sa procédure nécessitant un petit effectif, généralement deux à trois personnes, ainsi qu'un inventaire restreint, se limitant à un camion pour l'injection et à un petit inventaire d'outils. Sa rapidité d'exécution, permettant un relevé immédiat de l'ouvrage, constitue également un atout majeur.

## Sources et remerciements

Site internet : <https://www.uretek.ch/fr/>

Documentations et illustrations : Uretek Floor Lift

Entreprise : Uretek AG (M. Corpataux), Grisoni Zaugg SA (Domdidier)