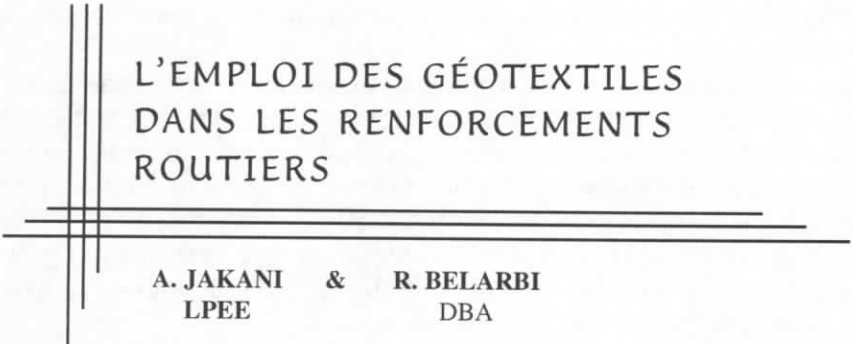




L'EMPLOI DES GÉOTEXTILES DANS LES RENFORCEMENTS ROUTIERS

A. JAKANI & R. BELARBI
LPEE DBA

Le principal souci du décideur dans le domaine de l'infrastructure est de veiller à ce que l'ouvrage qu'il réalise est bien conforme à ses attentes et que le coût de son investissement a été bien optimisé et il correspond bien aux caractéristiques du projet.

Parmi ces caractéristiques on peut citer la sécurité de l'usager et son confort, la fonctionnalité de l'infrastructure etc...

Ces caractéristiques évoluent avec le temps et l'on parle de durée de service ou de vie. Le décideur va donc confier à l'ingénieur concepteur le dimensionnement de l'infrastructure. Le concepteur prendra en compte dans ses calculs un certain nombre d'hypothèses dont la durée de service.

Cette durée n'est pas indépendante de la nature et de l'épaisseur des matériaux quand il s'agit de routes, autoroutes et infrastructures aéro-portuaires.

La technique d'insérer une nappe de géotextile ou de géogrille est une technique relativement récente qui permet, en renforçant la base de la couche qu'elle porte, de maximiser la résistance à l'allongement relatif des matériaux du type enrobé, et ce faisant, d'augmenter notablement la durée de vie de l'ouvrage. Inversement et pour une durée de vie donnée (par exemple 10 années de service) la nappe de géotextile permettra de réduire la couche du matériau lié, d'où un gain sur le coût des travaux et donc une optimisation de l'investissement.

Une telle technique a été considérée comme très innovante car effectivement les décideurs et les gestionnaires du monde de l'infrastructure y ont trouvé un intérêt certain. Une technique innovante qui n'apporte pas un intérêt concret et pratique, ou qui ne répond pas à un problème précis, ou encore qui n'apporte pas un gain sur l'économie du projet, ne peut pas être viable et ne se propage pas. Ceci n'a pas été le cas des géotextiles qui, à partir d'un début un peu hésitant vers le milieu des années 70 se sont généralisés pratiquement dans tous les domaines des grands travaux : drainage, renforcement des sols, soutènement, fonction filtre, fonction protection et plus récemment armement des couches bitumineuses des routes.

Le présent exposé s'intègre dans le cadre du séminaire annuel de la recherche organisé par le LPEE et a été proposé par la DBA et le LPEE suite à des travaux très innovants exécutés sous la direction des Bases Aériennes

et en collaboration avec le LPEE. Il s'agit :

1• du renforcement de la piste de l'aéroport d'Al Hoceima : traitement des fissures et du faïençage par une nappe géotextile avant pose du tapis d'enrobé pour renouvellement de la couche de roulement.

2• Renforcement du taxiway et la route d'accès au niveau de l'Aéroport de Nouasser.

Pour bien comprendre comment une telle technique permet d'améliorer le comportement des chaussées nous allons faire quelques brefs rappels.

LE GÉOTEXTILE

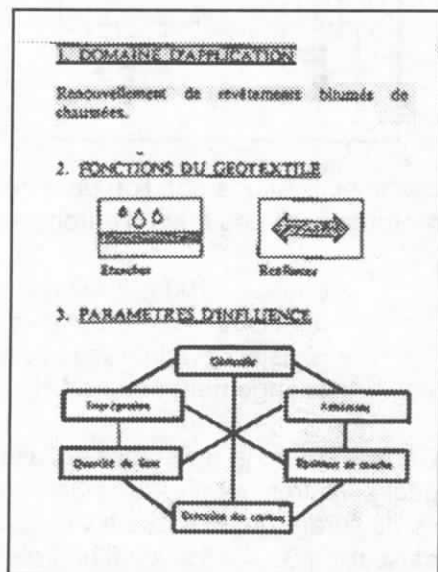
Le matériau géotextile est une feuille qui se présente sous forme de rouleau de largeur 4 - 5 - mètres ou plus et que l'on déroule sur la chaussée.

Cette feuille peut être tissée ou non tissée, elle a un certain nombre de caractéristiques physiques, mécaniques et hydrauliques telles que :

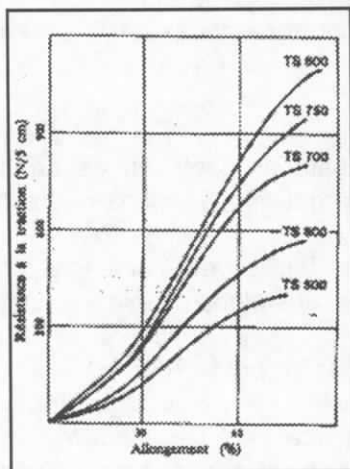
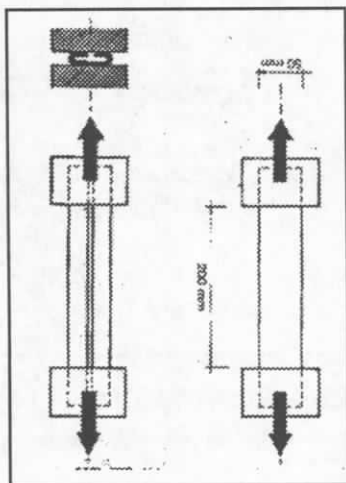
- Densité (poids au m^2)
- Résistance au poinçonnement
- Résistance à la déchirure
- Allongement relatif avant déchirure
- Perméabilité transversale et radiale
- Capacité de filtre, etc...

Ces feuilles sont armées de fibres de verre de différentS maillages et de fils en polyester.

Plusieurs essais sont effectués sur un échantillon de géotextile pour vérifier que ses caractéristiques sont bien conformes aux données de sa fiche technique d'identification.



Le concepteur choisira une catégorie de géotextile qui correspond à ses besoins, c'est à dire que sachant qu'il existe toute une panoplie de matériaux dits géotextiles, l'ingénieur routier visera le matériau qui répond aux critères qu'il s'est fixé en priorité. Par exemple, si c'est la fonction drainage qui est visée : la priorité sera donnée à la perméabilité et la capacité de filtre. Parcontre si l'objectif est le renforcement d'une plateforme, les paramètres prioritaires seront la résistance au poinçonnement et le fluage. Enfin il s'agit d'armer un tapis d'enrobé ou sera plutôt regardant sur l'allongement relatif et la résistance aux déchirures.



Les spécifications que l'on peut généralement exiger pour les géotextiles de renforcement des tapis d'enrobé sont :

- densité : 100 à 200 g/m²,
- épaisseur : 0,4 à 0,6 mm incompressible,
- résistance à la traction : sup à 40 daN sur bande de 5cm x 20cm,
- allongement : sup à 3%.

Généralement la résistance et l'allongement sont liés en ce sens que pour un géotextile très souple, l'allongement sera supérieur à 50% avec une résistance de l'ordre de 30 à 40 daN et pour une catégorie assez rigide l'allongement baissera à 3 - 4 - 5% avec une résistance aux environs de 70 à 80 daN.

Les fabricants, en jouant sur le tissage et le non tissage, sur l'épaisseur, le dosage des fibres de verre et la nature des fibres en polyester, arrivent à mettre sur le marché le géotextile qui convient à la technique de renforcement des tapis d'enrobé.

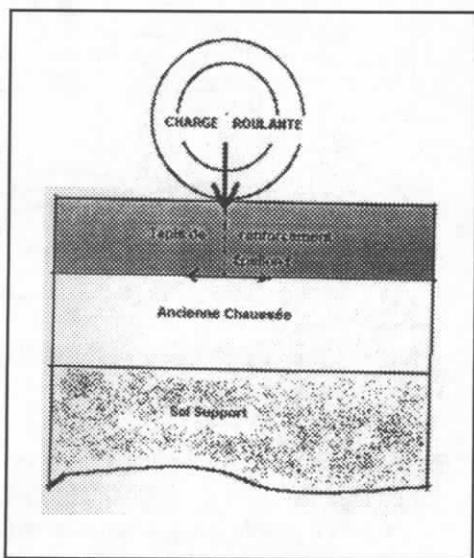
LA STRUCTURE

Le corps de chaussée est une interface entre la charge roulante et le sol support dit plateforme. Un dimensionnement consiste à déterminer la nature et l'épaisseur des matériaux à poser sur le sol support de façon à ce que la charge roulante ne le poinçonne pas. La contrainte directe verticale transmise au sol doit être suffisamment faible vis-à-vis de la résistance au poinçonnement de façon à ce que les centaines de milliers de répétition des charges ne provoquent pas un fluage.

Un tel dimensionnement n'est pas seul suffisant, en effet, il faut s'assurer de la pérennité du système multicouche qui sert à transmettre la charge au sol. Ce système multicouche est en fait le corps de chaussée composée de couches granulaires et de couches liées. Les couches liées peuvent être souples ou rigides mais dans tous les cas elles périssent par fatigue c'est à dire par répétition de contrainte.

En ce qui concerne la couche de roulement, il a été prouvé qu'après un âge avancé une multitude de fissures apparaissent en surface, elles se rejoignent pour former un réseau à mailles plus ou moins serrées, puis un faïençage et enfin la ruine.

La genèse de la fissuration a lieu à la base de la couche de roulement en enrobé et parfois à la base de la couche de grave bitume. La fissuration remonte progressivement au fur et à mesure que le matériau consomme sa durée de vie. La fissure apparaît à la base de la couche de béton bitumineux ou celle de la GBB parce

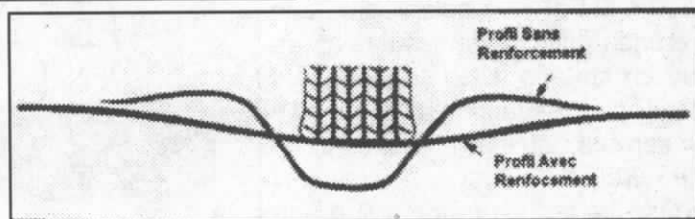
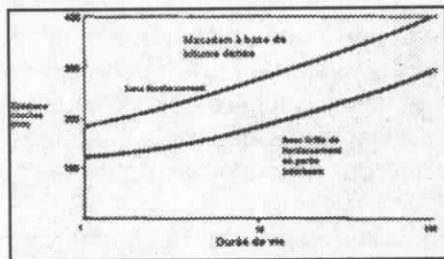
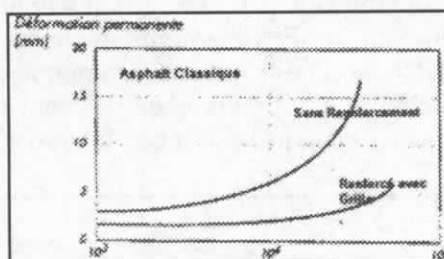


que c'est à où il y a le maximum de contrainte et de déformation. La contrainte qui provoque ou qui amorce la fissuration est la contrainte de traction. Pour un module donné, cette contrainte s'accompagne d'une déformation relative t qui n'est acceptée par le matériau qu'un nombre N de fois.

Le nombre N traduit la durée de service, il correspond au temps nécessaire pour écouler le trafic qui engendre t en N passages de la charge de référence (essieu de 13 tonnes par exemple).

Le trafic étant lui même converti en essieux équivalents à 13 tonnes car sa composition réelle est de plusieurs types d'essieux à différents pourcentages (spectre du trafic).

Il existe des modèles mathématiques de détermination du tenseur des contraintes déformations à différents points de la structure comme par exemple le modèle ALIZE III ou ALIZE IV développé par le LCPC de France.



L'ENSEMBLE STRUCTURE ET GÉOTEXTILE

En partant d'un exemple d'une chaussée ancienne et fatiguée ayant une épaisseur de 40 cm (25 cm de GNT surmontée de 10 + 5cm de matériaux liés) et un module global équivalent à tout l'ancien corps de chaussée de 500 Mpa, soit une déflexion de 95 à 100 centième de mm sous 13 tonnes.

Cette structure est supposée reposer sur une plateforme Semi infinie de 50 Mpa de module.

Un tapis de 10 cm d'enrobé est prévu pour son renforcement, le calcul sur modèle mathématique multicouche, avec l'hypothèse optimiste d'un parfait collage entre l'ancienne chaussée et le tapis de renforcement, aboutit à une valeur de $t = 180.10^{-6}$

La valeur admissible pour un trafic N s'écrit :

$$adm = k_1 k_2 k_3 k_4 \quad 6 \quad \text{avec}$$

6 = déformation admissible pour le million de passages

$k_1 = (106 / N)^{0,2}$ caractéristique de la fatigue des enrobés

k_2 = coefficient correcteur de la température ($k_2 = 1$ à 20°C)

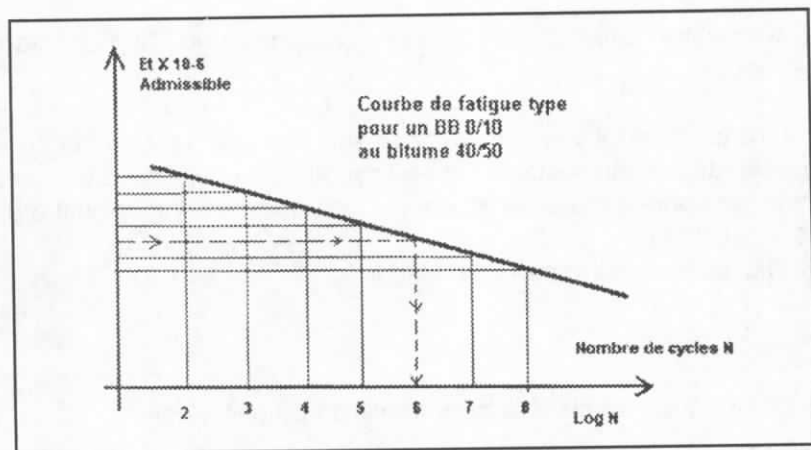
k_3 = coefficient du taux de risque (probabilité d'avoir une dégradation avant la durée de vie escomptée). Cette valeur peut varier de 0,6 à 1, elle vaut 0,9 pour un risque de 10%

k_4 = coefficient de calage du modèle (1,1 pour les enrobés en renforcement)

6 pour un enrobé de 4500 Mpa à 15°C
et sollicité à 10 Hz vaut 150.10^{-6}

Le calcul montre donc que $k_1 = (E_{adm}/E_6) \cdot (1/k_2 \cdot k_3 \cdot k_4) = 1,212$
 $N = (1/k_1)^5 = 0,382 \cdot 10^6$ soit 382000 passages d'essieux de 13 tonnes.

Sachant que le spectre national des poids lourd donne une équivalence de 0,106 EE pour un PL quelconque de PTC supérieur à 5 t, le nombre de PL à passer devient 3.605.000, les PL représentent en général un taux de 30% du trafic toute catégorie ce qui correspond à 12 millions de passages véhicules ou 3300 V/j sur 10 ans en moyenne.



Si maintenant le fait de renforcer le tapis d'enrobé par un géotextile qui fera en sorte que le 6 ne sera plus de 150 mais 200 grâce à une meilleure résistance à la déformation relative et à la fatigue (gain de 30% de cette résistance), le calcul précédant aboutit à :

$$k_1 = 0,9 \text{ et } N = 1,69 \cdot 10^6 \text{ (au lieu de } N = 0,382 \cdot 10^6 \text{ :}$$

la durée de service est multipliée par 4 à trafic égal ou le volume du trafic à écouler est multiplié par 4 à durée de service égale.

Pour 3300 V/j sur 10 ans (en moyenne, c'est à dire à progression annuelle négligée) le calcul inverse montre que l'épaisseur du tapis de renforcement adéquate n'est plus que de 7cm à condition de l'armer par une nappe de géotextile qui améliore la résistance à la répétition de la déformation relative en traction.

Ce résultat est obtenu en partant de l'hypothèse que l'armature en fibre confère au matériau un module équivalent de 6500 Mpa, ce qui donne un t de 178 d'où $k_1 = 1,186$ soit $N = 0,425 \cdot 10^6$

On voit donc que le couple (10cm BB, 4500 MPa) et le couple (7cm BB, 6500 Mpa) sont équivalents. L'innovation du géotextile et son succès sont dus aux économies qu'il peut apporter dans un projet.

L'amélioration de la durée se traduit en fait par un retardement de la remontée de fissuration de l'ancienne chaussée pour ce qui concerne les cas de renforcement. En différant de quelques années cette remontée inéluctable,

le matériau géotextile donne à la structure un complément de vie (toutes choses étant égales par ailleurs).

* CAS INITIAL *						

DEMI-ESSAIS EN REFERENCE (6,5 tonnes)						
Code de position de la sollicitation extrême:						
RJ : à la verticale d'une roue du jumelage						
RJ : à la verticale de l'entre-jumelage						
RS : à la verticale d'une roue simple						
(uniquement pour le détail des valeurs)						
NOMBRE DE COUCHES : 3						
Les modules et contraintes sont exprimés en bars						
les déformations en microdef.						

* PARAMETRES *	* I *	* EPSILON1 *	* SIGMA1 *	* EPSILON2 *	* SIGMA2 *	*
* COUCHES *	* en cm *	* microdef *	* en bars *	* microdef *	* en bars *	*

* R1= 10.00 *	* 0 *	* 13.4 RJ *	* 5.022 RJ *	* 141.2 RJ *	* 6.555 RJ *	*
* R= 45000 *	* 10.0 *	* -180.2 RJ *	* -10.560 RJ *	* 233.8 RJ *	* 2.746 RJ *	*
* MU= .45 *	* *	* *	* *	* *	* *	*

* COLLES *						
* R2= 40.00 *	* 10.0 *	* -180.2 RJ *	* 316 RJ *	* 461.6 RJ *	* 2.746 RJ *	*
* R= 50000 *	* 50.0 *	* -257.8 RJ *	* -1.870 RJ *	* 334.0 RJ *	* .244 RJ *	*
* MU= .45 *	* *	* *	* *	* *	* *	*

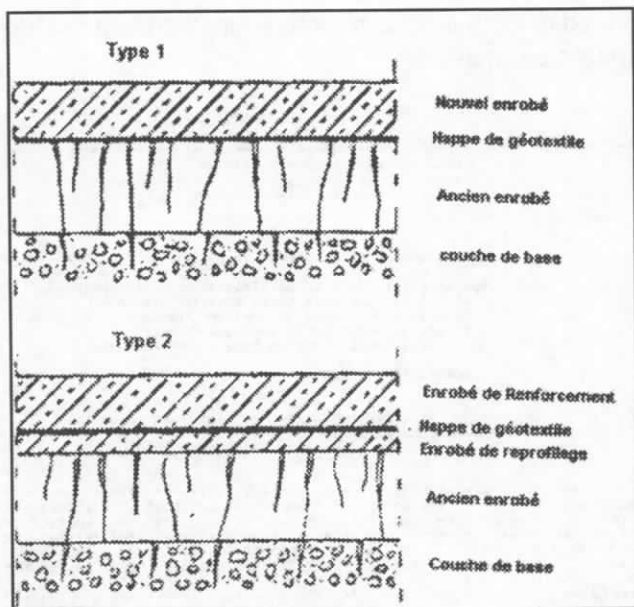
* GLISSANTE *						
* R3= INFINI *	* 50.0 *	* 57.5 RJ *	* .203 RJ *	* 136.5 RJ *	* .244 RJ *	*
* R= 300 *	* *	* *	* *	* *	* *	*
* MU= .45 *	* *	* *	* *	* *	* *	*

* D *	* 70.46 mm/100 *		* X*D *			*
* R(2) *	* 233.64 *		* 16452.95 mm/100 *			*
*****Licence: L.P.E.E CERIT, Casablanca Maroc*****						

LA POSE

De part sa nature, la nappe géotextile est à la fois aisée et difficile à poser. En effet, à priori il suffit de dérouler le rouleau du géotextile sur l'ancienne chaussée après l'avoir imprégné d'un liant bitumineux (émulsion ou Cut-Back plusieurs écoles existent à ce sujet...).

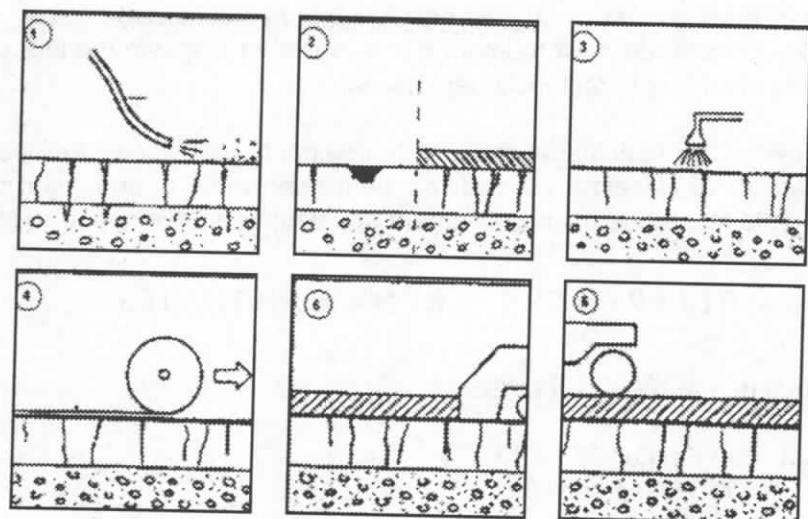
Les dégradations flagrantes de l'ancienne chaussée à renforcer étant supposées traitées : point à temps pour les nids de poule, reprofilage des affaissements et des éventuels orniérages et surtout colmatage des fissures trop ouvertes. Le géotextile s'opposera ou au moins retardera les remontées des fissures si celles ci ne sont pas des ouvertures aussi franches que des joints.



Il y a cependant quelques précautions à prendre au niveau du déroulement de la nappe à savoir :

- Veiller à ce qu'il y ait un minimum de chevauchement de 15 à 25 cm entre deux nappes adjacentes.
- Eviter de froisser ou de plisser la nappe de façon à ne pas laisser de vide entre elle et le film de liant.
- Répandre le liant de façon extrêmement homogène et à un dosage cohérent avec la texture du géotextile ou géogrille de façon à ce que la nappe soit bien enrobée mais sans dépasser la saturation (il ne faut pas qu'il ait des flaques de bitume au dessus de la nappe une fois posée).

Le reste de la mise en oeuvre est plus classique à savoir : Pose du tapis de béton bitumineux (ou de grave bitume dans le cas où c'est cette couche que l'on veut armer) et compactage final.



CONCLUSION

En conclusion, nous dirons que la technique qui consiste à intercaler une nappe de géotextile entre l'ancienne chaussée et le tapis de renforcement est une technique innovante en ce sens que l'innovation apporte :

- une économie sur l'épaisseur nécessaire de renforcement.
- une prolongation de la durée de service pour une épaisseur donnée.
- un retardement des remontées de fissures de l'ancienne chaussée.

La technique de pose, tout en étant relativement simple, exige un minimum de précautions.

La nature du géotextile ou du géogrille doit être adaptée aux travaux de renforcement routier, car il existe sur le marché une multitude de types de géotextile.

Les essais de conformité obéissent à ces normes différentes d'un pays à l'autre mais la plupart visent à vérifier la résistance au poinçonnement et à la

déchirure ainsi que les propriétés physiques et hydrauliques.
Dans le domaine de renforcement des chaussées l'ingénieur s'intéressera principalement aux caractéristiques mécaniques.

L'expérience très concluante qui a été tentée par la DBA sur les Aéroports de Nouasser et Al Hoceima est suffisamment concluante pour laisser penser qu'une telle technique est certainement appelée à se développer au Maroc.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Pratiques de l'ALIZE III du LPEE

RGRA n° 693 Février 92
713 Décembre 93
737 Février 96

Manuel de Polyfelt TS

Notice technique du fabricant "Tensar"
Notice technique du fabricant "Bilan Rhône Poulenc"
Bulletin de liaison LCPC n° 186 Août 93
Rapport LPEE n° 95.161.5.125 Avril 95
n° 95.161.5.125/1 Mai 95
n° 95.161.5.125/2 Sept 95