

Sommaire

Sommaire	2
Table des figures	5
Introduction	6
1ERE PARTIE : PRESENTATION DU PROJET	9
I – La situation actuelle	10
1°) Les besoins	10
2°) Le site d'étude	12
3°) Les intervenants du projet	14
II – Rappel des études antérieures ; les études préliminaires	15
1°) Les 4 variantes initiales	15
a) Famille 1 de variantes	16
b) Famille 2 de variantes	17
2°) Les 2 variantes complémentaires	18
a) La variante VAC (Voie en Affectation pour Mulhouse-les Coteaux)	18
b) La variante VAT (Voie en Affectation pour Thann)	18
3°) Analyse comparative des différentes variantes	19
4°) La variante retenue	20
2EME PARTIE : ETUDE DE PROJET	23
I – Méthodologie à suivre	24
II – La géométrie	26
1°) Le tracé en plan	26
a) Géométrie des accès et de la section courante de l'A36	26
b) Etude de la voie d'entrecroisement	26
c) Modifications apportées au tracé en plan des accès	27
d) Modifications apportées au tracé en plan de la section courante de l'A36	28
2°) Le profil en long	30
3°) Le profil en travers	30
a) Géométrie du profil en travers liée au débit	30
b) Profil en travers types et particuliers	31
III – La structure et le terrassement	34
1°) Structure existante	34
2°) Dimensionnement de la structure	34

a) Détermination de la classe de trafic	34
b) Détermination de la plate-forme support de chaussée (PFi)	36
c) Détermination de la structure de chaussées	37
d) Vérification au gel-dégel de la structure	38
e) Choix définitif de la structure à mettre en place	38
3°) Le terrassement	39
IV – Etude de l’assainissement	40
1°) Les hypothèses de calcul	40
a) Les obligations du contrat	40
b) Les données du site	40
2°) Le système de recueil des eaux pluviales du TPC	41
3°) Calculs de débits et de surfaces	42
4°) Solutions choisies pour le nouveau réseau d’assainissement	42
V – La signalisation et les équipements	44
1°) Signalisation verticale de direction	44
a) Les hypothèses faites et les caractéristiques des panneaux	44
b) Etude de la signalisation directionnelle de l’A36	44
2°) Signalisation verticale de police	46
3°) Signalisation horizontale	46
4°) Les équipements	46
a) L’éclairage public et les réseaux secs de l’A36	46
b) Les dispositifs de retenue de l’A36	47
c) Les Postes d’Appel d’Urgence de l’A36	50
d) L’Interruption de Terre Plein-Central (ITPC)	51
VI – Le phasage des travaux	52
1°) Phase 1 : Réseau d’assainissement ouest	52
2°) Phase 2 : Création de la 3 ^{ème} voie par le terre-plein central	52
3°) Phase 3 : Création de la voie d’entrecroisement	53
VII – Conclusion	54
VIII – Remerciements	54
Bibliographie	56

Table des figures :

<i>Fig.1 : Localisation géographique de l'A36 en France.....</i>	<i>6</i>
<i>Fig.2 : Localisation de la zone d'étude sur l'A36.....</i>	<i>10</i>
<i>Fig.3 : TMJA du PR 100+000 au PR 102+700 (zone d'étude).</i>	<i>11</i>
<i>Fig.4 : Autoroute A36 du PR 100+000 au PR 102+700 (zone d'étude).....</i>	<i>13</i>
<i>Fig.5 : Composition de l'équipe et organigramme du projet «Elargissement de l'A36 ».....</i>	<i>14</i>
<i>Fig.6 : Schéma actuel de la rocade Nord de Mulhouse.....</i>	<i>15</i>
<i>Fig. 7 : Extrait du guide VRU A, p 62 §II.2.4.4.c, configuration alternative.....</i>	<i>16</i>
<i>Fig.8 : Schéma de la variante 1d.....</i>	<i>16</i>
<i>Fig.9 : Schéma de la variante 1g.....</i>	<i>16</i>
<i>Fig.10 : Extrait du guide VRU A, p 63 §II.2.4.4.d, configuration alternative</i>	<i>17</i>
<i>Fig.11 : Schéma de la variante 2d.....</i>	<i>17</i>
<i>Fig.12 : Schéma de la variante 2g.....</i>	<i>17</i>
<i>Fig.13 : Schéma de la variante VAC.....</i>	<i>18</i>
<i>Fig.14 : Schéma de la variante VAT.....</i>	<i>18</i>
<i>Fig.15 : Tableau comparatif des 6 variantes de l'A36.....</i>	<i>19</i>
<i>Fig.16 : Schématisation de la variante retenue pour l'élargissement de l'A36.....</i>	<i>20</i>
<i>Fig. 17 : Extrait du guide VRU A, p 63 §II.2.4.4.d.....</i>	<i>26</i>
<i>Fig.18 : Données de 2005 de Datacollect et vérification des conditions fondamentales pour l'entrecroisement</i>	<i>27</i>
<i>Fig.19: Modifications apportées aux axes du tracé en plan de l'A36.....</i>	<i>29</i>
<i>Fig.20 : Trafic dans le sens Allemagne-Belfort (en uvp/hp)</i>	<i>30</i>
<i>Fig.21 : Structure de la 1^{ère} partie déjà réalisée de la mise à 2x3 voies de l'A36.</i>	<i>34</i>
<i>Fig.22 :Schéma de répartition du trafic Poids Lourd sur la chaussée.....</i>	<i>35</i>
<i>Fig.23 : Structure théorique de la 3^{ème} voie de l'A36.....</i>	<i>38</i>
<i>Fig.24 :Coupe type de l'assainissement du TPC.</i>	<i>41</i>
<i>Fig.25 :Coupe type d'un caniveau.</i>	<i>43</i>
<i>Fig.26 : Tableau récapitulatif de la signalisation directionnelle.....</i>	<i>45</i>
<i>Fig.27 : DBA (en haut) et glissière métallique (en bas).....</i>	<i>48</i>
<i>Fig.28 : Poste d'Appel d'Urgence situé sur la sortie 16a vers Mulhouse-Les Coteaux (à gau.) et avant la sortie 16b vers Thann (à dr.).....</i>	<i>50</i>
<i>Fig.29 : Caractéristiques géométriques des refuges pour Poste d'Appel d'Urgence.</i>	<i>50</i>
<i>Fig.30 : Schéma de principe de la construction de la 3^{ème} voie en TPC.</i>	<i>53</i>

Introduction :

L'autoroute A36 relie l'A35 (Karlsruhe, Strasbourg, Colmar, Mulhouse et Bâle) à l'A31 (Luxembourg, Metz, Nancy, Dijon et Beaune).

Elle dessert les villes de Mulhouse, Belfort, Besançon, Dôle et Beaune où se rejoint également l'autoroute A6 (Paris-Lyon).



Fig.1 : Localisation géographique de l'A36 en France.

En tant que Rocade Nord de Mulhouse, cette autoroute fait l'objet d'un élargissement entre les PR100+000 et 110+700 (entre l'A35 et la RN66 qui constitue la limite avec la SAPRR, Société des Autoroutes Paris Rhin-Rhône) ; les travaux sont déjà achevés sur les sections suivantes :

Sens Allemagne - Belfort entre les PR 110+700 et 102+750

Sens Belfort - Allemagne entre les PR 105+200 et 110+700

Le bureau d'études *Est Infra Ingénierie* à Strasbourg a procédé à l'étude de faisabilité du prolongement de la mise à 2x3 voies en direction de Belfort entre les PR100+000 et 102+700, et notamment l'étude des points d'échanges du projet avec les voiries existantes.

Aujourd'hui les études préliminaires des 6 variantes proposées par la Direction Départementale de l'Equipement du Haut-Rhin (DDE 68) sont terminées, et une seule d'entre elles semble remplir au mieux les critères techniques, environnementaux et socio-économiques.

Ce PFE consiste donc à l'étude technique complète du projet retenu, notamment dans les différents thèmes suivants :

- la géométrie
- le terrassement et les structures de chaussée
- l'assainissement
- la signalisation et les équipements
- le phasage des travaux

1ère partie : Présentation du projet

I – La situation actuelle :

1°) Les besoins :

L'augmentation du trafic sur l'A36 au niveau de Mulhouse a amené la DDE du Haut-Rhin à envisager un élargissement de sa section courante et une redéfinition des échangeurs.

Cette augmentation est due à l'attractivité de la zone d'activités des Coteaux et celle du Parc des Collines encore en pleine expansion aujourd'hui. En effet, les flux A36 Sens Allemagne - Belfort vers les Coteaux sont importants en terme d'échanges (plus de 18 500 véh./j) et représente environ 38 % des échanges.

La réalisation récente de la Rocade Ouest de Mulhouse explique également l'importance de cette liaison.

Il est à noter aussi un déséquilibre entre les véhicules sortants de l'A36 plus nombreux que ceux restant sur l'A36 vers Belfort. Cela s'explique par le rôle de trafic urbain de l'A36 à cet endroit, et du fait que l'échangeur n°16 est le dernier échangeur urbain à l'Ouest de Mulhouse.

Les flux A36 Sens Allemagne - Belfort vers Thann sont moindres (environ 10 000 véh./j) et représente 20 % des échanges.



Zone d'étude

Fig.2 : Localisation de la zone d'étude sur l'A36.

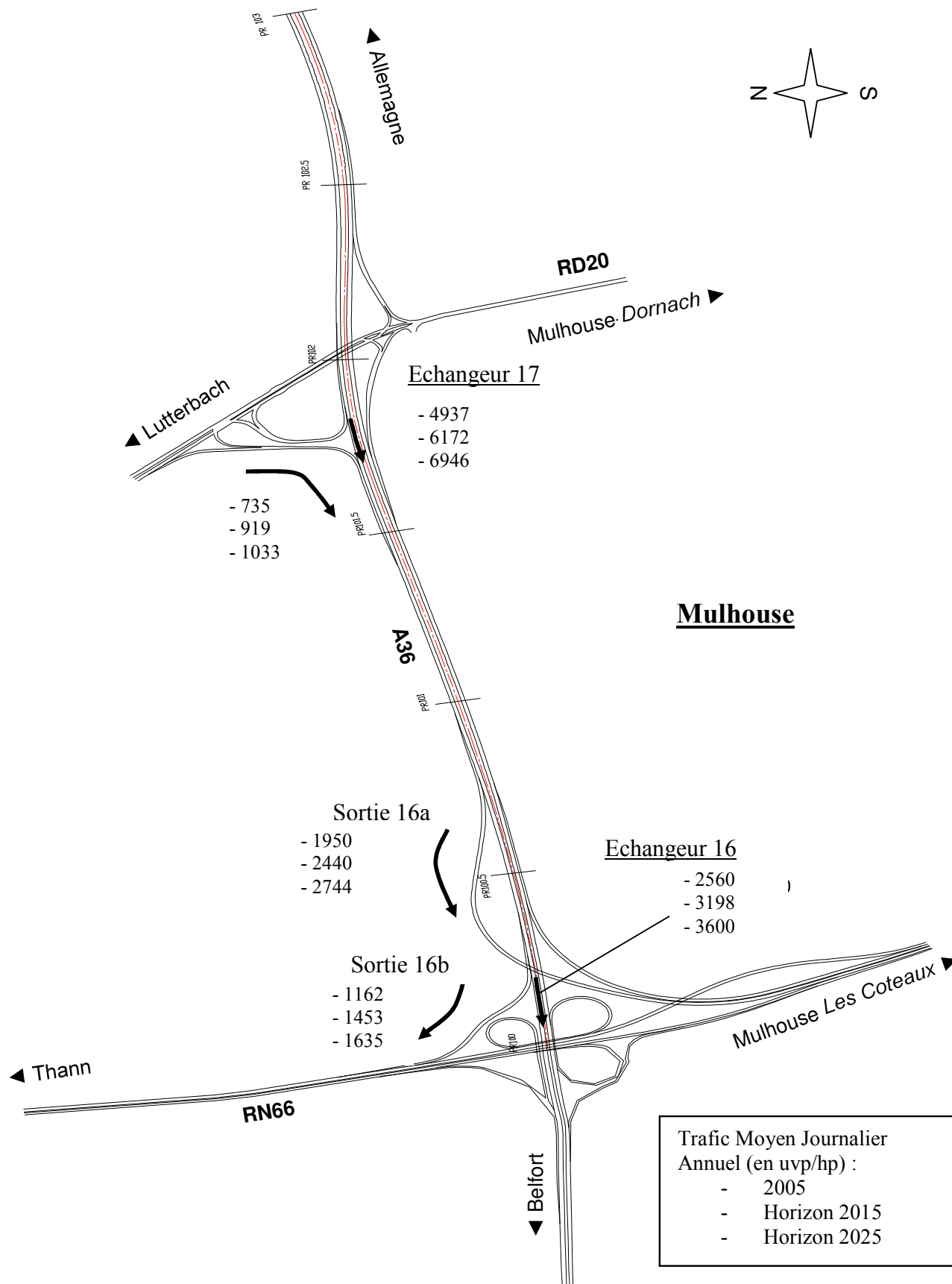


Fig.3 : TMJA du PR 100+000 au PR 102+700 (zone d'étude).

2°) Le site d'étude:

Le projet se situe au nord de la ville de Mulhouse, sur 2 km 700 de l'autoroute A36, entre les PR102+700 et 100+000.

On trouve sur cette portion d'autoroute 2 échanges avec les voiries traversées ;

- l'échangeur n°17 avec la RD20 au PR101+750 environ. Il s'agit d'un diffuseur urbain en losange (au sens de l'ICTAVRU, Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines), les bretelles étant des attaches diagonales. Les villes principales concernées par cet échangeur sont Lutterbach, Pfastatt et Mulhouse-*Dornach*

- l'échangeur n°16 avec la RN66 au alentour du PR100+200. Cet échangeur est un nœud (au sens ICTAVRU) avec 2 catégories d'échange : le trèfle et l'anse. La bretelle de sortie 16a pour Mulhouse-*Les Coteaux*, Brunstatt et Morschwiller est une anse externe et la sortie 16b pour Thann et Epinal est une diagonale.

L'A36 possède donc 3 ouvrages d'art sur cette tranche (pour le passage de la RD20 : OA 5-6, de la sortie 16a : OA 55 et de la RN66 : OA 1) ; les bretelles n° 17 dans le sens Allemagne-Belfort disposent également d'un ouvrage (OA 3) pour franchir la rivière La *Doller* qui longe une bonne partie des 2km700 de l'A36.

De plus, un 4ème ouvrage est présent sur la section courante de l'A36 pour permettre le passage au dessus de la voie ferrée Mulhouse-Kruth.

Il faut également savoir pour les études à venir, que cette partie d'autoroute se situe dans le périmètre rapprochée A et B de la zone de captage des eaux potables de la ville de Mulhouse.

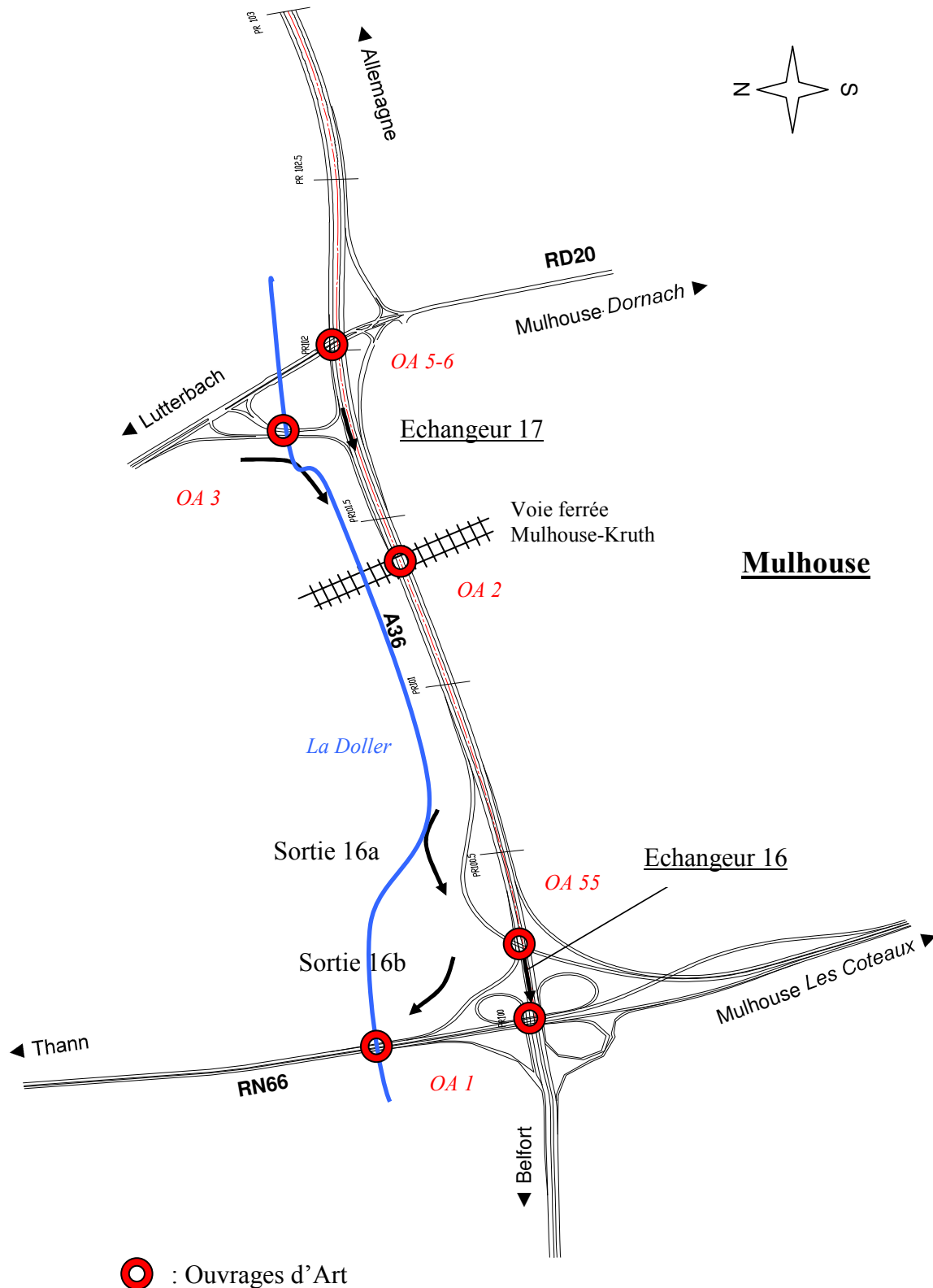


Fig.4 : Autoroute A36 du PR 100+000 au PR 102+700 (zone d'étude).

3°) Les intervenants du projet :

L'autoroute A36 en tant que Rocade de Mulhouse appartient au Ministère de l'Équipement, des Transports, du Tourisme et de la Mer, qui est maître d'ouvrage sur cette opération.

A partir du PR100+000 en direction de Belfort, l'A36 a un statut d'autoroute concédée dont le concessionnaire est la Société des Autoroutes Paris Rhin-Rhône (SAPRR).

Les intervenants pour la D.D.E. 68 (Direction Départementale de l'Équipement du Haut-Rhin) sont M.CORNET et M.VIUTTI pour le Service des Grands Travaux (SGT) et M.FUCHS pour la Subdivision Entretien des Autoroutes (SEA) ; ils n'ont pas le statut de maître d'œuvre mais ils conduisent l'opération pour l'Etat durant les études.

L'entreprise *Est Infra Ingénierie* est en charge des études de ce projet après l'avoir été sur la première partie de la mise à 2x3 voies de l'A36.

Les personnes intervenant sur le projet sont les suivantes:

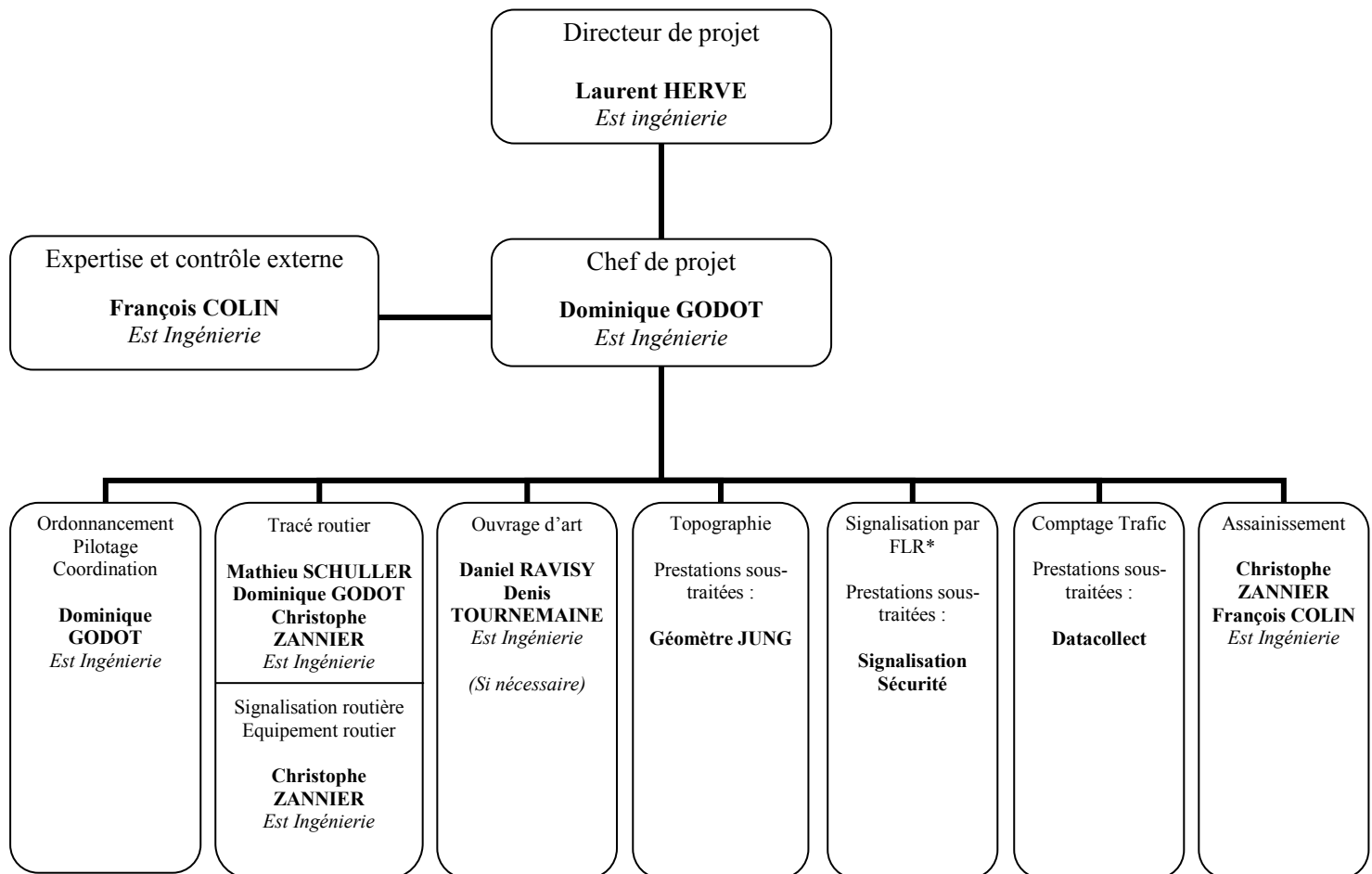


Fig.5 : Composition de l'équipe et organigramme du projet «Elargissement de l'A36 ».

* : Flèche Lumineuse de Rabattement

II – Rappel des études antérieures ; les études préliminaires :

On se limite à l'étude de variantes pour le sens Allemagne-Belfort ; en effet, dans l'autre sens, la mise à 3 voies ne pose pas de problèmes spécifiques pour les échangeurs existants et la largeur importante du Terre Plein Central (TPC) actuel permet d'y tracer la 3^{ème} voie.

Voici tout d'abord la physionomie de la rocade aujourd'hui :

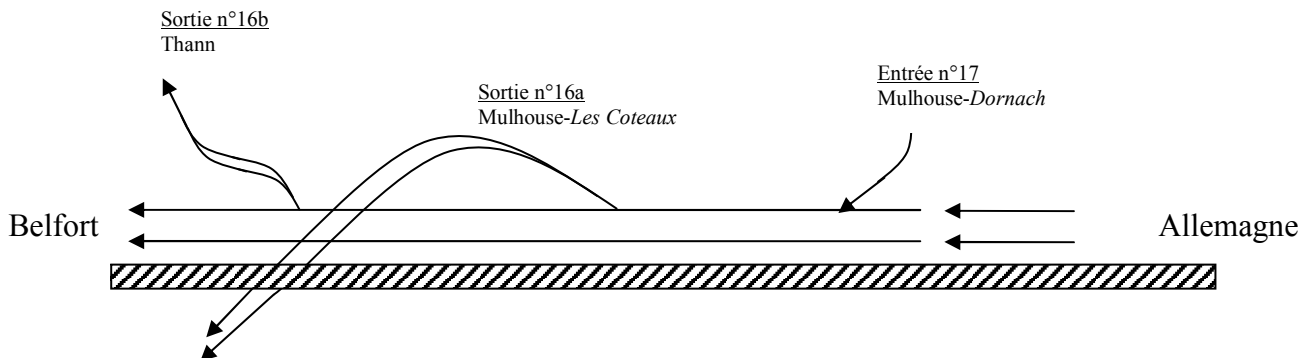


Fig.6 : Schéma actuel de la rocade Nord de Mulhouse

On trouve l'entrée n°17 en insertion, la sortie 16a en déboîtement (avec passage de 1 à 2 voies au départ de la bretelle) et la sortie 16b en déboîtement (avec passage de 1 à 2 voies au départ de la bretelle puis rabattement à 1 voie avant le raccordement à la RN66).

1°) Les 4 variantes initiales :

Au commencement du projet, la D.D.E 68 proposa 4 variantes au bureau d'études pour l'élargissement de la rocade.

Ces 4 variantes regroupées en 2 familles consistaient à mettre en place une zone de rabattement de 3 à 2 voies juste avant l'ouvrage d'art de la RN66 (PR100+200). Pour que cela soit possible, il était indispensable de regrouper les 2 sorties 16a et 16b pour utiliser l'actuelle sortie vers Thann en tant que zone de rabattement.

a) Famille 1 de variantes :

Cette famille consistait à mettre en place une voie d'entrecroisement à partir de l'entrée 17 en adjonction jusqu'au regroupement des sorties 16a + 16b en affectation (création d'une collectrice).

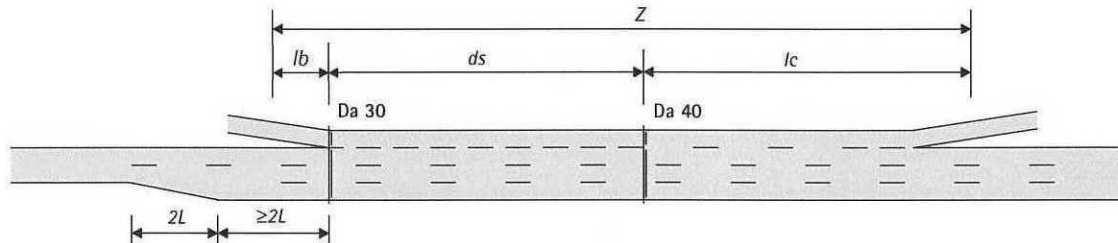


Fig. 7 : Extrait du guide VRU A, p 62 §II.2.4.4.c, configuration alternative

Les 2 types de variantes se différenciaient de la façon suivante : soit la sortie en déboîtement à droite était celle de Thann (variante 1d), soit c'était celle de Mulhouse (variante 1g):

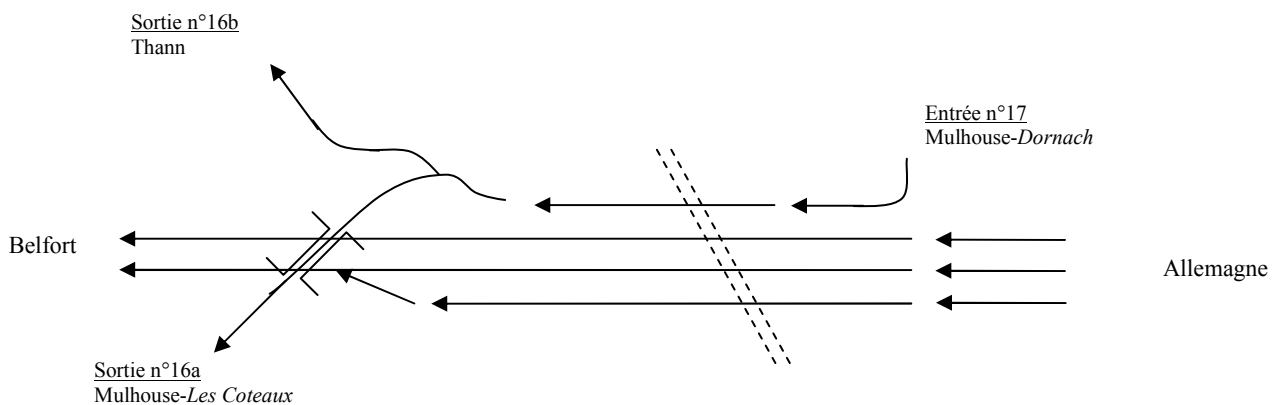


Fig.8 : Schéma de la variante 1d

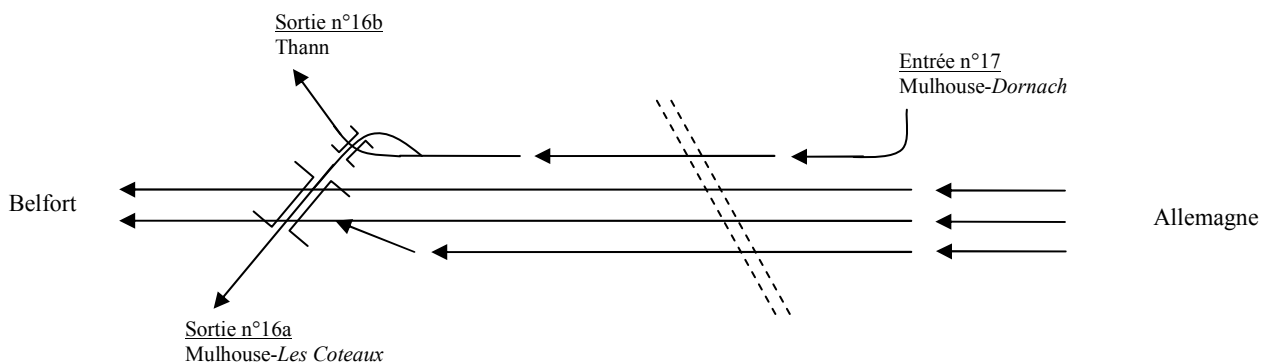


Fig.9 : Schéma de la variante 1g

b) Famille 2 de variantes :

Elle est relativement identique à la 1^{ère} famille, sauf que cette fois-ci la sortie en affectation est à 2 voies.

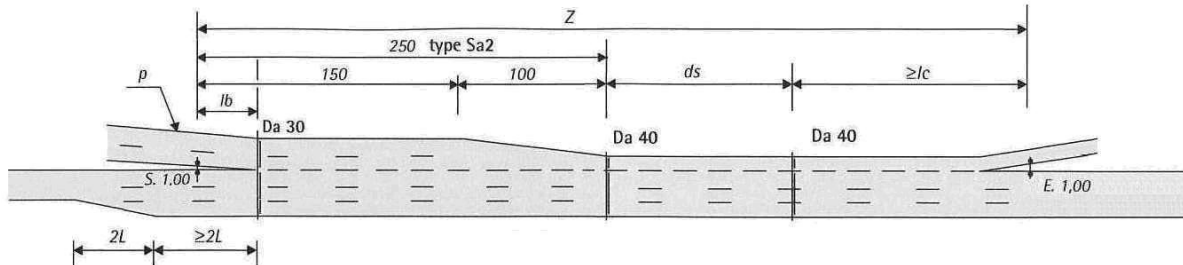


Fig.10 : Extrait du guide VRU A, p 63 §II.2.4.4.d, configuration alternative

Comme schématisé ci-dessous, il existait 2 variantes pour cette famille : soit la sortie principale (la collectrice) était celle de Thann (variante 2g), soit il s'agissait de la sortie vers Mulhouse-Les coteaux (variante 2d):

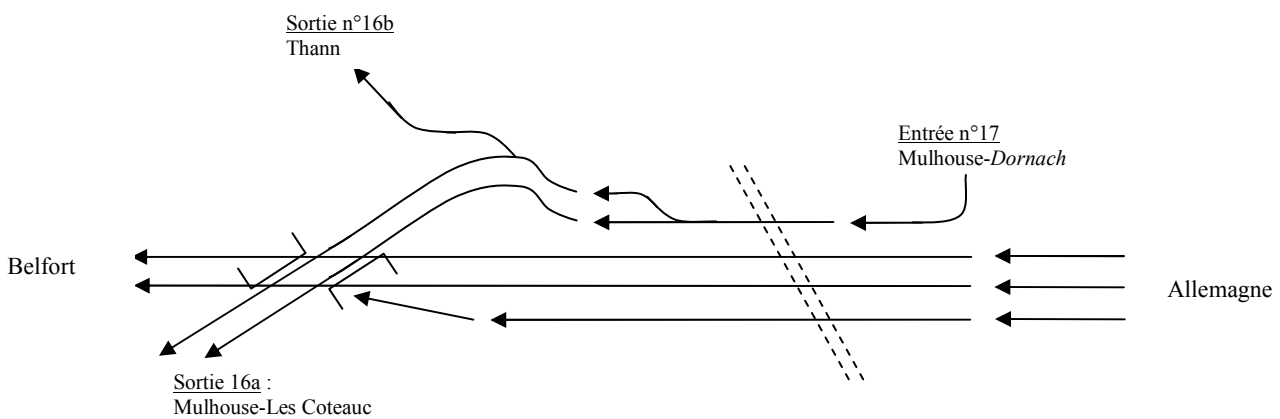


Fig.11 : Schéma de la variante 2d

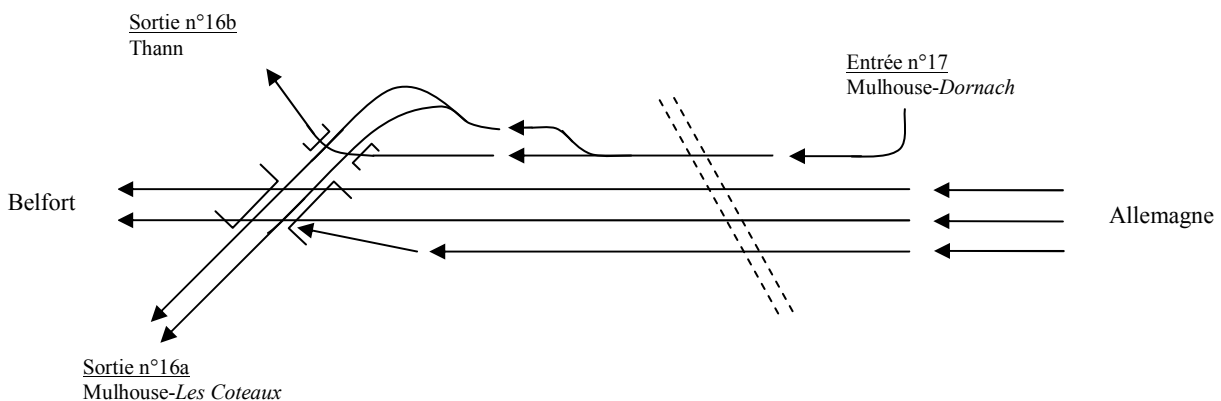


Fig.12 : Schéma de la variante 2g

2°) Les 2 variantes complémentaires :

Après expertise du CETE (Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement), la DDE 68 demanda au bureau *Est Infra Ingénierie* l'étude de 2 variantes supplémentaires.

a) La variante VAC (Voie en Affectation pour Mulhouse-les Coteaux) :

On conserve la voie d'entrecroisement mais par contre on supprime la voie de rabattement de 3 à 2 voies. Les 2 sorties 16a et 16b sont séparées (comme actuellement) : la sortie 16a pour Mulhouse-Les Coteaux est en affectation et la sortie 16b pour Thann est en déboîtement :

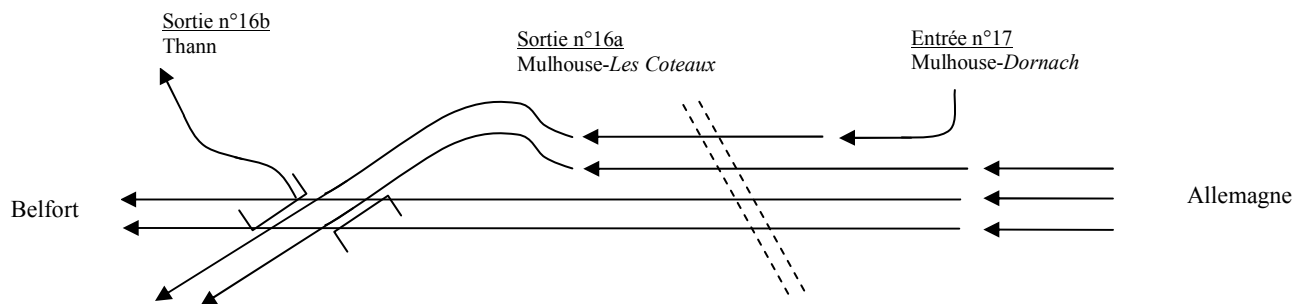


Fig.13 : Schéma de la variante VAC

b) La variante VAT (Voie en Affectation pour Thann):

Comme la variante VAC, on supprime la voie de rabattement et on conserve la voie d'entrecroisement ; la sortie 16a à 2 voies est toujours en affectation par contre la sortie 16b pour Thann n'est plus en déboîtement mais en affectation aussi, comme représentée ci-dessous:

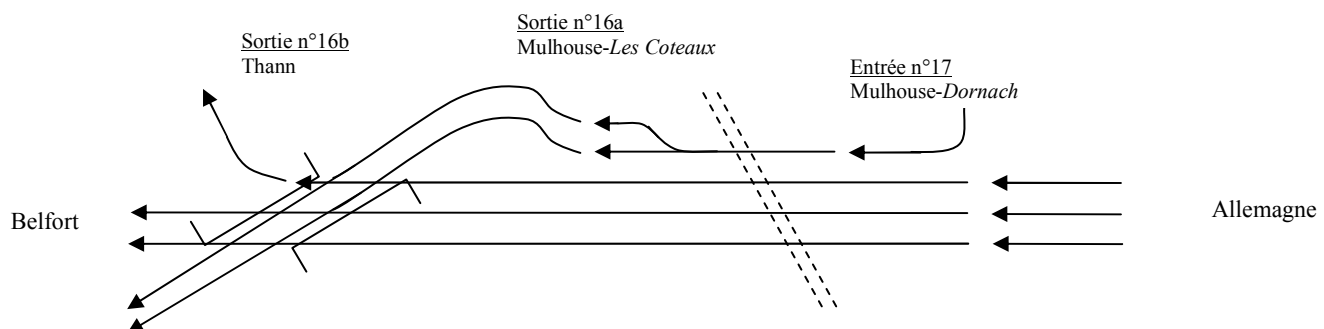


Fig.14 : Schéma de la variante VAT

3°) Analyse comparative des différentes variantes :

Un système de notation des différents critères permet de comparer plusieurs tracés routiers. Il est possible de classer ces critères en 3 catégories : les critères techniques, environnementaux et socio-économiques.

Les critères techniques :

- Fonctionnalité routière (trafic et capacité, lisibilité du tracé)
- Sécurité (signalisation, caractéristiques géométriques des profils et du tracé)
- Exploitation sous chantier
- Exploitation et entretien (facilité et sécurité des futures interventions)
- Complexité des travaux (ouvrages d'art à réaliser ou à modifier)

Les critères environnementaux :

- Topographie (mouvements de terre, terrassements)
- Eaux superficielles (surfaces à imperméabiliser)
- Eaux souterraines (zones de captage d'eau potable, nappe phréatique)

Les critères socio-économiques :

- Emprises foncières
- Qualité de vie (redéfinition du parcellaire, rétablissement de fossé et de chemin, bruit)

Une fois l'étude de ces différents thèmes terminés, on les regroupe dans un tableau pour en faire une synthèse, en notant l'impact de chacune des variantes de la façon suivante :

impacts positifs : +1 à +3, du moins au plus favorable

impact neutre : 0

impacts négatifs : -1 à -3, du moins défavorable au plus défavorable

Critère	Variante 1d	Variante 1g	Variante 2d	Variante 2g	Variante VAC	Variante VAT
Critères techniques et fonctionnels						
Fonctionnalité autoroutière	-3	-3	3	1	3	1
Sécurité	2	-1	3	-2	3	-3
Exploitation sous chantier	-1	-1	-1	-1	1	-3
Entretien et exploitation	-1	-1	2	2	2	-2
Complexité des travaux	0	-2	0	-2	2	-2
Impacts sur le milieu physique et naturel						
Topographie	-1	-1	-2	-2	-2	-1
Eaux souterraines	-1	-2	-1	-2	-1	-2
Eaux superficielles	-1	-1	-2	-2	-2	-2
Impacts sur le milieu socio-économique						
Emprises foncières	-1	0	-1	0	-1	-1
Qualité de vie	-1	0	-1	0	-1	-1
Total non pondéré	-8	-12	0	-8	+4	-16

Fig.15 : Tableau comparatif des 6 variantes de l'A36.

4°) La variante retenue :

Une fois les études préliminaires réalisées, c'est au maître d'ouvrage de prendre la décision de choisir (ou pas) une variante.

L'étude technique complète de ce tracé se poursuit alors: c'est l'étude de projet. C'est ce travail que j'ai eu à effectuer pour la variante VAC durant mon PFE; cette variante semble présenter les meilleurs avantages pour ce projet.

L'élargissement de l'A36 entre les PR100+000 et 120+700 se fera de la manière suivante :

- 3^{ème} voie créée sur le TPC actuel,
- création de la voie d'entrecroisement à partir de l'entrée 17,
- sortie 16a vers Mulhouse-*Les Coteaux* à 2 voies en affectation,
- sortie 16b vers Thann à 1 voie en déboîtement comme actuellement,
- entrée 16 depuis Mulhouse-*Les Coteaux* en adjonction,
- sortie 17 vers Mulhouse-*Dornach* en déboîtement.

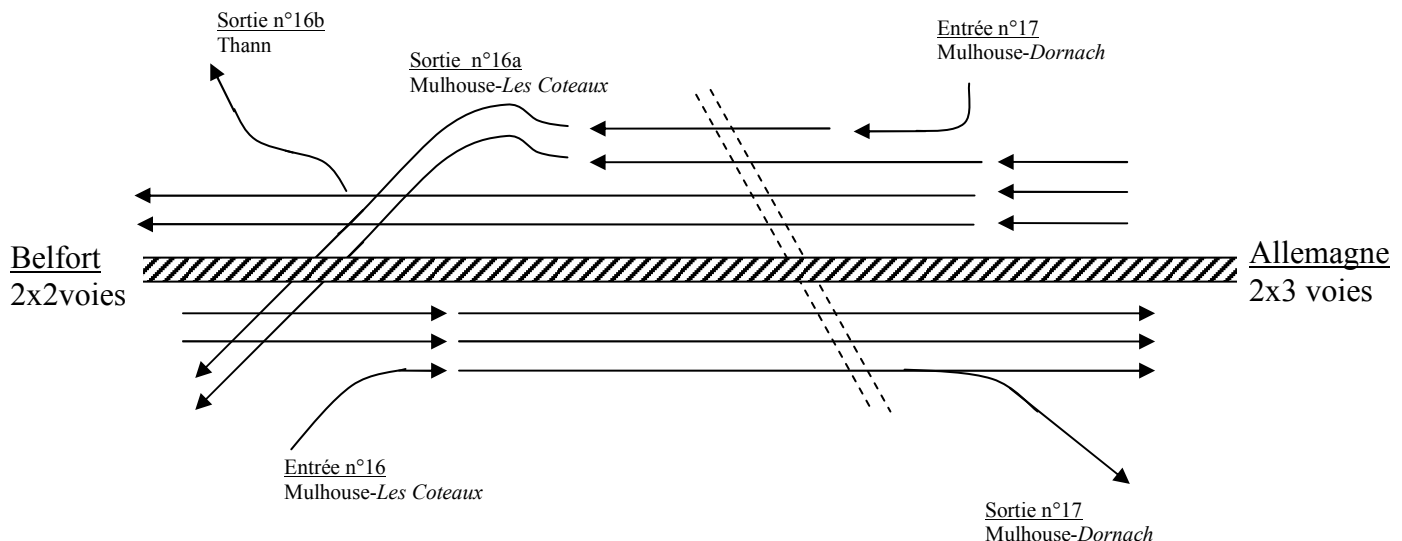


Fig.16 : Schématisation de la variante retenue pour l'élargissement de l'A36.

La suite de ce rapport présentera l'étude de la géométrie, de la chaussée, du terrassement, de l'assainissement, de la signalisation, de l'équipement et du phasage des travaux pour ce tracé.

2ème partie : Etude de projet

I – Méthodologie à suivre :

L'étude de projet consiste à l'étude complète de la variante retenue dans les différents thèmes cités précédemment. Ces thèmes sont très liés et ne peuvent être traités indépendamment et dans un ordre quelconque ; voici le schéma que je vais suivre lors de mon étude :

Il est nécessaire dans un premier temps de « s'approprier » le projet et ce, par la lecture des études antérieures, du contrat, des comptes-rendus de réunion, visite sur site...etc....

Ensuite l'étude de projet commence par l'étude de **la géométrie** : vérification du tracé par rapport à l'existant, contrôle des paramètres du tracé retenu vis-à-vis de l'ICTAVRU et du guide des accès VRU A (Voies Rapides Urbaines de type A), prise en compte approximative des aménagements futurs, optimisation des paramètres...

L'étude de **la structure** est peut être la seule partie du projet relativement indépendante du reste : à partir des matériaux en place, du trafic, de la géométrie et de la vérification au gel-dégel, il est possible de dimensionner les différentes couches de matériaux de la 3ème voie.

Une fois la structure et la géométrie déterminées, on réfléchit **au terrassement** à réaliser ; c'est-à-dire l'analyse des mouvements de terre, des quantités de matériau d'apport, de la topographie du terrain, des réseaux à modifier ou à créer à l'avenir...A ce moment de l'étude, il est possible que la géométrie soit modifiée.

Une grosse partie du projet consiste à l'étude de **l'assainissement** ; il faut analyser le réseau existant, les attentes et la volonté du client, la topographie et surtout le profil en long du projet. Ensuite, une fois les hypothèses faites et les données du site prises en compte, la recherche d'un réseau se raccordant avec l'existant et son dimensionnement peut se faire. Les nouveaux calculs de surfaces à imperméabiliser et donc de débits doit pouvoir s'intégrer correctement dans le réseau existant. Cette étude peut amener à modifier de façon significative les terrassements mais surtout la géométrie de la route.

Une fois les réseaux humides mis en place, vient l'étude des réseaux secs et de **la signalisation** ; il s'agit **des équipements** tels que les réseaux électriques, optiques et du téléphone, les dispositifs de retenue, la signalisation horizontale et verticale, notamment les modifications que le projet amène sur l'existant. L'implantation des portiques et des chambres existantes entre autres, risque également de modifier la géométrie mais aussi l'assainissement.

Enfin, **la phase travaux** étant lié à tous les thèmes cités ci-dessus, il est indispensable d'en tenir compte à chaque étape ; il est cependant nécessaire d'effectuer une étude approfondie du phasage des travaux à ce stade du projet.

Tout ce schéma directeur, à suivre pour une étude de projet quelconque, est synthétisé dans l'annexe 1.

II – La géométrie :

Le tracé en plan et le profil en long de la variante retenue ayant été définis lors des études préliminaires, je devais donc améliorer au mieux les paramètres de ces 2 tracés et vérifier le respect des normes vis-à-vis de l'ICTAVRU et du guide VRU A. L'autoroute A36 est classée A100 et 90/110 vis-à-vis de ces 2 guides.

Quant au profil en travers, le nombre de voies était défini ; en revanche la structure, les équipements, la signalisation et le réseau d'assainissement qui influencent les profils en travers types et particuliers étaient indéterminés.

En annexe 2, 3, 4, 5, 6 se trouvent les tableaux récapitulatifs des différentes vérifications effectuées pour la section courante et les bretelles de l'autoroute.

L'apprentissage du logiciel de conception *GéoMacao* fut indispensable à ce stade de mon étude. Ce logiciel est un outil interactif graphique destiné à la production d'études de tracés d'infrastructures linéaires ainsi que d'échangeurs. *GéoMacao* offre des fonctions de prise en compte du terrain naturel, de conception de la géométrie du tracé, et d'édition des quantités (cubatures de terrassement) et des plans associés (profil en long, profils en travers, vue en plan), et ce par le biais du logiciel de dessin *Microstation*.

1°) Le tracé en plan :

a) Géométrie des accès et de la section courante de l'A36 :

La géométrie de la section courante de l'A36 reste inchangée du point de vue du tracé en plan. Il s'agit d'un projet d'élargissement d'autoroute donc a priori, seul le tracé en plan des bretelles d'échange avec l'A36 peut être amené à être modifié.

Le but étant de chercher à se raccorder au mieux sur la voirie existante pour éviter au maximum des travaux inutiles au niveau des bretelles.

b) Etude de la voie d'entrecroisement :

Le projet d'élargissement de l'A36 introduit une voie d'entrecroisement entre l'entrée n°17 de Mulhouse-Dornach et la sortie 16a de Mulhouse-Les Coteaux; ce type d'accès nécessite des modalités d'implantation spécifiques détaillées dans le VRU A (§2.4.4.d p63) :

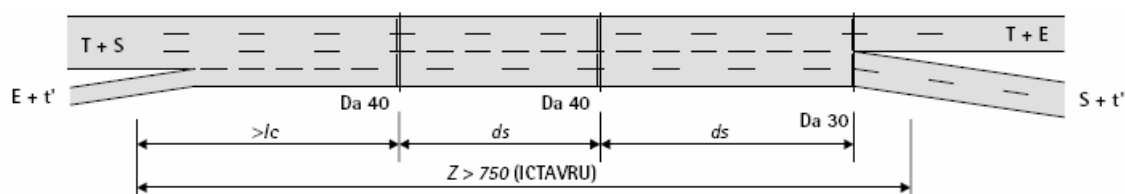


Fig. 17 : Extrait du guide VRU A, p 63 §II.2.4.4.d

Les conditions fondamentales à respecter pour un bon fonctionnement de la section sont les suivantes :

- (1) $1000 < E + t' < 1500$ uvp/hp
- (2) $1500 < S + t' < 3400$ uvp/hp
- (3) $Z > 750$ m

Le tableau suivant permet de vérifier ces résultats :

	Horizons		
	2005	2015	2025
E + t' (uvp/hp)	735	919	1033
S + t' (uvp/hp)	1950	2440	2744
t' (= 80 % de E) (uvp/hp)	326	408	459
E (uvp/hp)	409	511	574
S (uvp/hp)	1624	2032	2285
T (uvp/hp)	3313	4140	4661
Z (m)	853,8	853,8	853,8
Condition (1) vérifié ?	oui	oui	oui
Condition (2) vérifié ?	oui	oui	oui
Condition (3) vérifié ?	oui	oui	oui

Fig.18 : Données de 2005 de Datacollect et vérification des conditions fondamentales pour l'entrecroisement.

Toutes les conditions liées aux débits ou aux distances des panneaux de signalisation directionnelle sont remplies pour un entrecroisement de ce type.

c) Modifications apportées au tracé en plan des accès :

Lors de l'étude du tracé en plan, je remarquais une petite anomalie au niveau de l'étude préliminaire pour la bretelle de sortie 16b vers Thann ; la longueur des 2 clothoïdes s'avérait être insuffisantes :

Pour $R=120$ m, $S(R)=50/R=0.42$ m avec « l » : largeur de la chaussée, « var d » : variation du dévers, « R » : rayon et « S(R) » : surlargeur de chaussée et donc les longueurs de clothoïdes devaient être :

$L_1=200 \times l \times \text{var d} = 26.52\text{m}$ (pour la variation de dévers de -2% à -5%) et $L_2= 36.24\text{m}$ (pour la variation de -5% à -0.9%).

Or ici, elles ne valaient que : $L_1= 25.32\text{m}$ et $L_2=35.03\text{m}$, soit un manque de 1.20m chacune.

La première solution était alors de considérer qu'une partie de S(R) empiétait sur le marquage au sol qui vaut ($3 \times 0.075 =$) 0.225m ce qui nous donne une surlargeur S(R) de 0.195m soit des longueurs de clothoïdes de : $L_1= 25.17\text{m}$ et $L_2=34.40\text{m}$. (cf. annexe 5)

La deuxième solution était de modifier les paramètres de la géométrie pour être aux normes : à l'aide du logiciel de conception *GéoMacao* je pu modifier les différents paramètres de la bretelle de Thann ; ce qui donne ainsi :

Pour $R=125$ m, $S(R)=0.40$ m et les longueurs de clothoïdes doivent valoir : $L_1=26.40$ m et $L_2=36.08$ m (projet : $L_1=26.50$ m et $L_2=36.20$ m). (cf. annexe 7)

Les avantages de cette solution sont les suivants :

- respecter l'instruction technique de l'ICTAVRU
- de prendre en compte entièrement la surlargeur (en plus du marquage au sol)
- d'augmenter la valeur du rayon en plan et donc de diminuer légèrement le paramètre de visibilité nécessaire sur la droite
- de se raccorder d'avantage vers l'intérieur de la voirie existante, gagnant ainsi 1.50m de BDG.

Ce sont les seules modifications que j'ai pu faire pour améliorer le tracé en plan des accès, toutes les autres bretelles étant aux normes et difficilement modifiables car raccordées à l'existant.

Dans le sens Belfort-Allemagne, l'entrée 16 depuis Mulhouse-*Les Coteaux* et la sortie 17 pour Mulhouse-*Dornach* nécessitaient la présence de clothoïdes pour respecter l'Instruction Technique ; mais d'un point de vue travaux, ils étaient inutiles d'intervenir sur ces 2 bretelles.

Toutes les caractéristiques de la géométrie sont présentées en annexe 8.

d) Modifications apportées au tracé en plan de la section courante de l'A36 :

Mon étude sur Macao m'amène à tracer les différentes voies à partir des axes des études préliminaires de la section courante de l'A36.

En me basant sur ces axes, il apparaît un débord de 1.50m de la future BAU par rapport au bord de l'enrobé existant sur environ 180m avant le passage de l'ouvrage OA 5-6 de la RD20 (sens Allemagne-Belfort, PR102+200 au PR102+000).

Il se présente alors 2 solutions : soit on retravaille le talus de droite (pour permettre de recevoir les glissières de sécurité et la berme), soit on redessine les axes de la section courante.

L'objectif premier de cet élargissement consiste à garder l'existant intact et d'agrandir la section au niveau du TPC : la 2^{ème} solution répond à cet objectif.

Je pars donc du bord de l'enrobé de la Bande d'Arrêt d'Urgence (BAU) existante et je cherche à décaler les 2 axes (dans les 2 sens) de la section courante de façon à toujours garder une distance minimum de 1.00 m entre les glissières DBA (Double séparateur en Béton Adhérent) du TPC (de manière à pouvoir placer plus tard la signalisation et l'assainissement). Bien évidemment, tout ceci selon les règles de l'ICTAVRU.

Voici les modifications finales apportées :

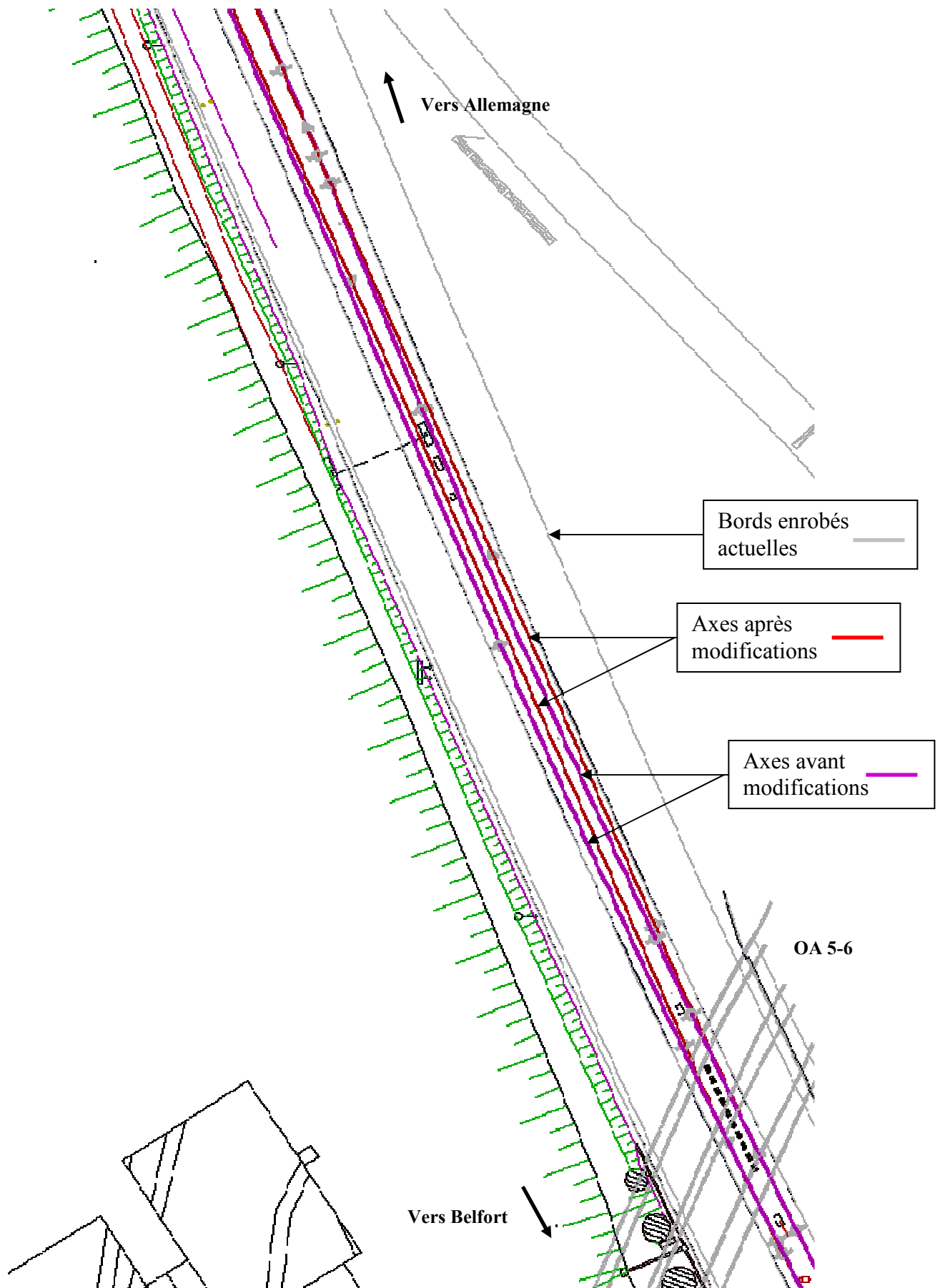


Fig.19: Modifications apportées aux axes du tracé en plan de l'A36.

2°) Le profil en long :

De même que pour le tracé en plan, le profil en long de la section courante ne change pas (raccordement au même niveau que l'A36 actuelle) ; en revanche, celui d'une partie des bretelles peut être amené à subir quelques améliorations.

Après étude, aucunes modifications des profils en long ne furent nécessaires.

Les paramètres et leur vérification sont également détaillés dans les annexes 2 à 7.

3°) Le profil en travers :

a) Géométrie du profil en travers liée au débit :

La capacité d'une voie sur section courante d'autoroute est de 2000 uvp/hp quelque soit la géométrie du tracé. En ce qui concerne les voies de bretelle, leur capacité est de 1500 uvp/hp. (ICTAVRU §2.2 p52 et §2.2.3 p89)

Les comptages de 2005 effectués par *Datacollect* ainsi que les prévisions faites pour les horizons 2015 et 2025, justifient bien une mise à 2x3 voies de l'A36.

	Horizons			Capacité	
	2005	2015	2025	Actuellement	Projet
Entrée 17, depuis Mulhouse-Dornach	735	919	1033	1500	1500
Sortie 16a, vers Mulhouse-Les Coteaux	1950	2440	2744	3000	3000
Sortie 16b, vers Thann	1162	1453	1635	3000	1500
A36, Direction Belfort (PR 100+200)	2560	3198	3600	4000	4000
A36, Provenance Allemagne (PR 101+800)	4937	6172	6946	4000	6000

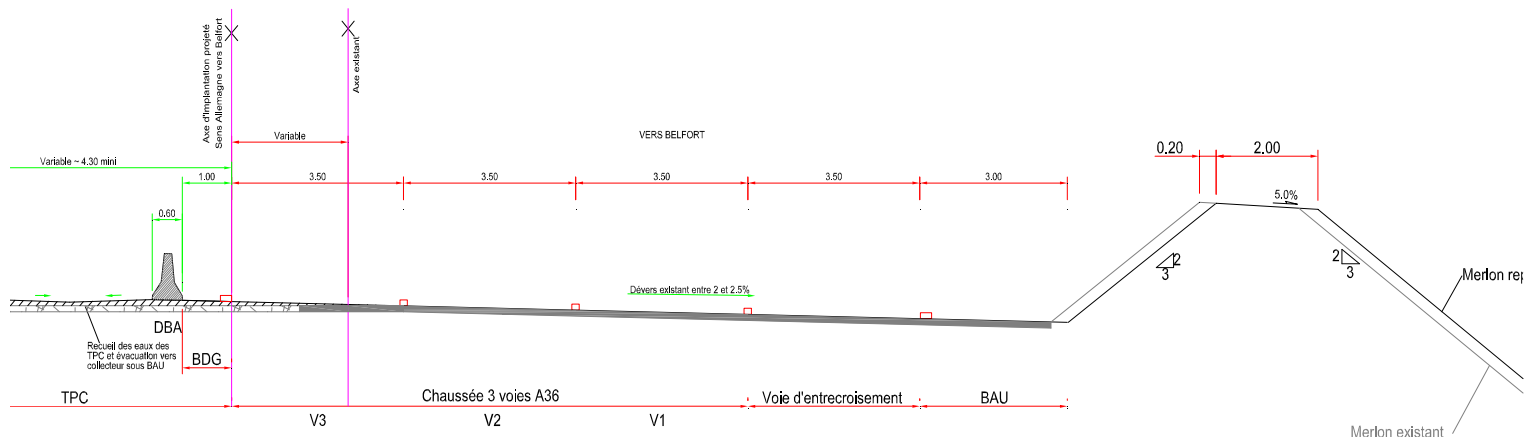
Fig.20 : Trafic dans le sens Allemagne-Belfort (en uvp/hp)

b) Profil en travers types et particuliers :

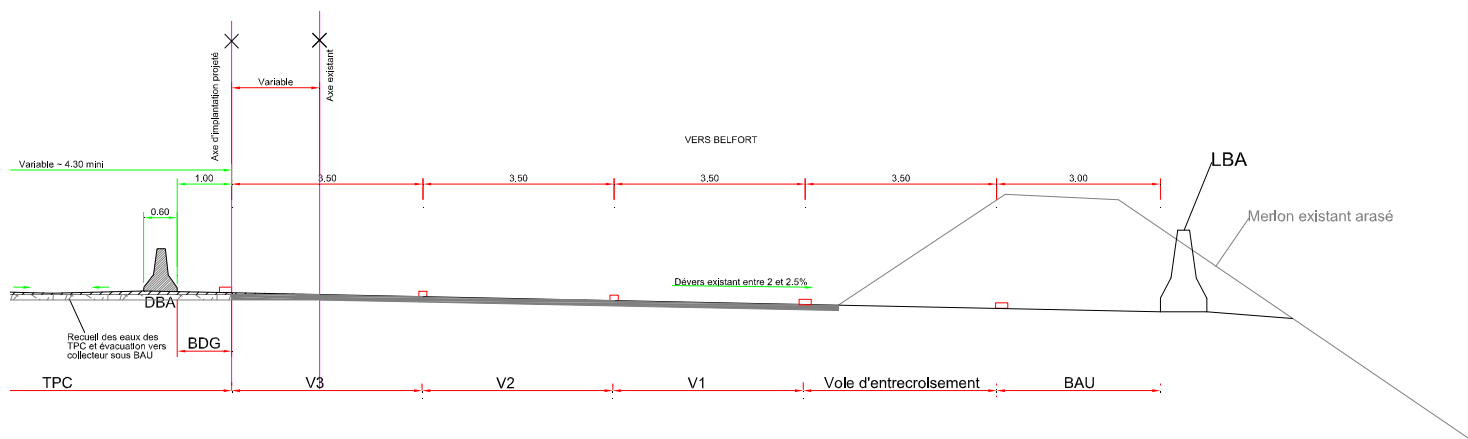
Les profils en travers risquent de changer au cours de l'étude, notamment en fonction de la structure, de la signalisation, des équipements et de l'assainissement.

Dans les annexes 2 à 7 on peut vérifier le respect de l'ICTAVRU et VRU A pour les paramètres du profil en travers. Voici donc, dans un premier temps, les caractéristiques générales des profils en travers :

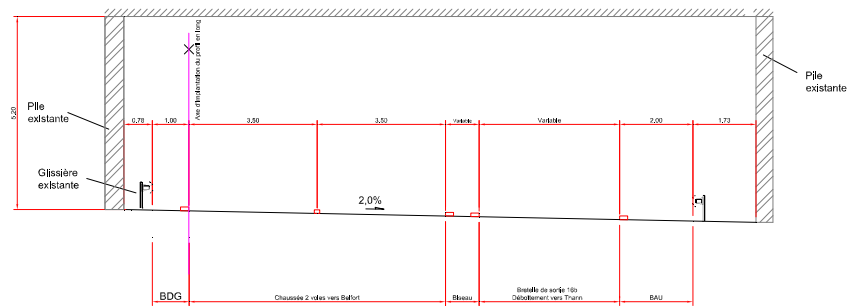
- *Section courante au niveau de l'Entrée 17 (sens All.-Bel., PR101+651 au 101+440) :*



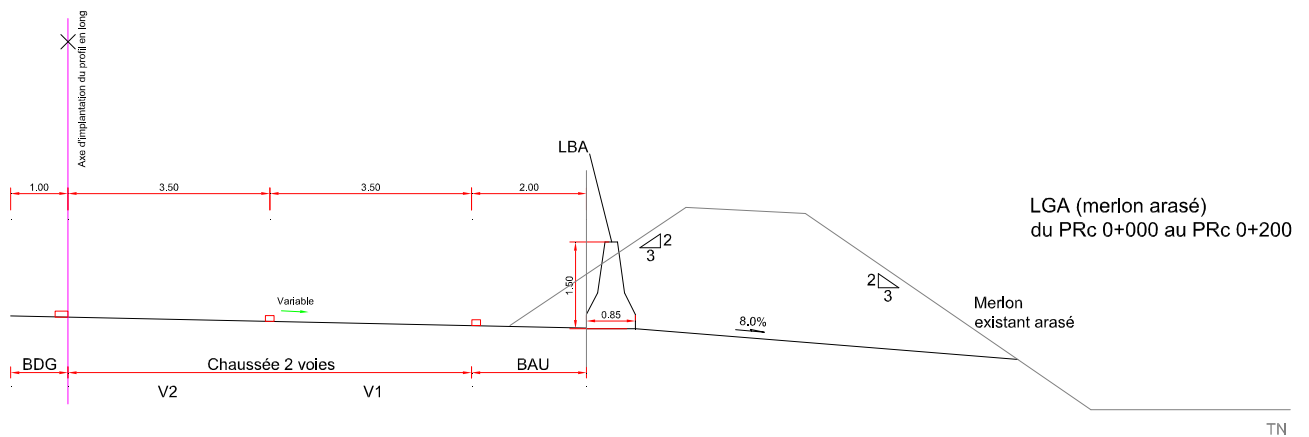
- *Section courante au niveau de la voie d'entrecroisement (sens All.-Bel., PR101+440 au 100+837) :*



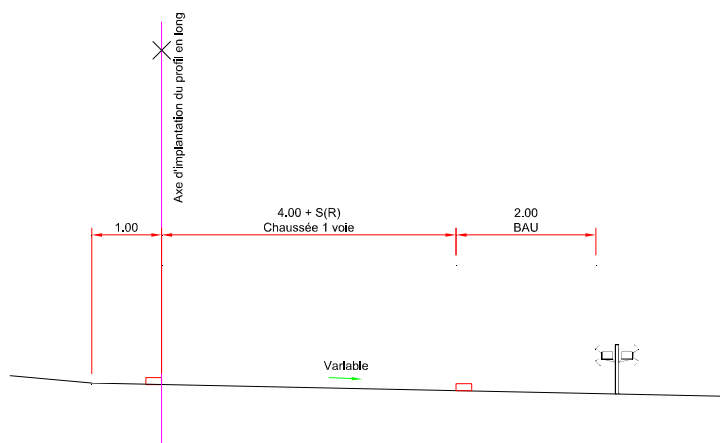
- Section courante au niveau de l'ouvrage OA55 (sens All.-Bel.):



- Sortie 16a vers Mulhouse-les Coteaux (caractéristiques numériques identiques pour la Sortie 17 vers Mulhouse-Dornach) :



- Sortie 16b vers Thann (caractéristiques numériques identiques pour la Sortie 17 vers Lutterbach et l'Entrée 16 depuis les Coteaux) :



III – La structure et le terrassement :

1°) Structure existante :

En recherchant dans les archives de l'entreprise, j'ai pu retrouver la structure de la première partie déjà réalisée de l'élargissement de l'A36. Il s'avère que cette structure avait été dimensionnée par la DDE 68 et donnée comme ci-dessous lors d'une réunion entre les différents parties :

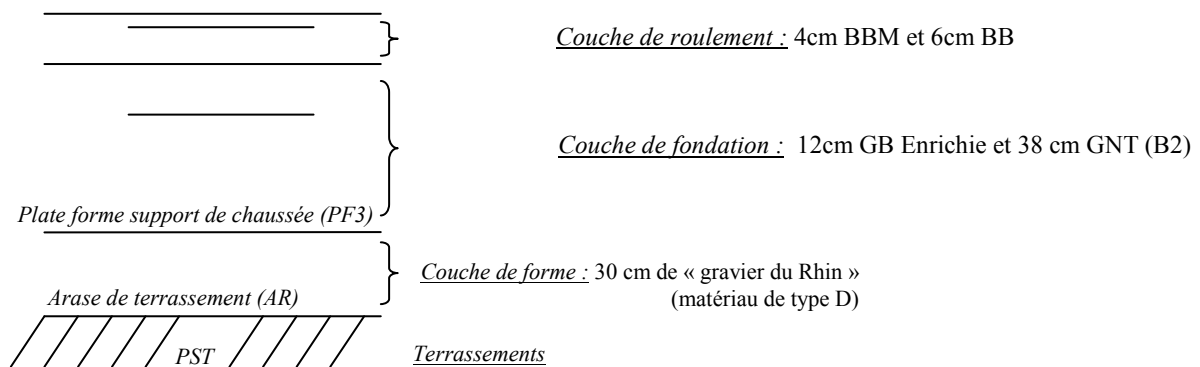


Fig.21 : Structure de la 1^{ère} partie déjà réalisée de la mise à 2x3 voies de l'A36.

BB(M) : Béton Bitumineux (Mince), GB : Grave Bitume, GNT (B2): Grave Non Traitée de type B2.

Nous allons chercher à dimensionner la structure de l'élargissement de l'A36 ; pour cela, une connaissance du sol en place et de ses caractéristiques est indispensable.

2°) Dimensionnement de la structure :

Pour dimensionner la 3^{ème} voie de l'A36, on se réfère au Catalogue des structures types de chaussées neuves et au Guide Technique de Réalisation des remblais et des couches de formes (GTR, fascicule I et II).

a) Détermination de la classe de trafic :

La DDE68 nous impose les hypothèses suivantes : il s'agit d'une voie de catégorie VRS (Voies du Réseau Structurant).

La chaussée est à dimensionner pour une période de 30 ans (jusqu'en 2035).

Le taux d'accroissement du trafic (PL et VL) est de 2.5% /an pour la période de 2005 à 2015 et de 1.25% /an pour la période de 2015 à 2035.

La répartition du trafic poids lourd sur la chaussée sera prise de la façon suivante :

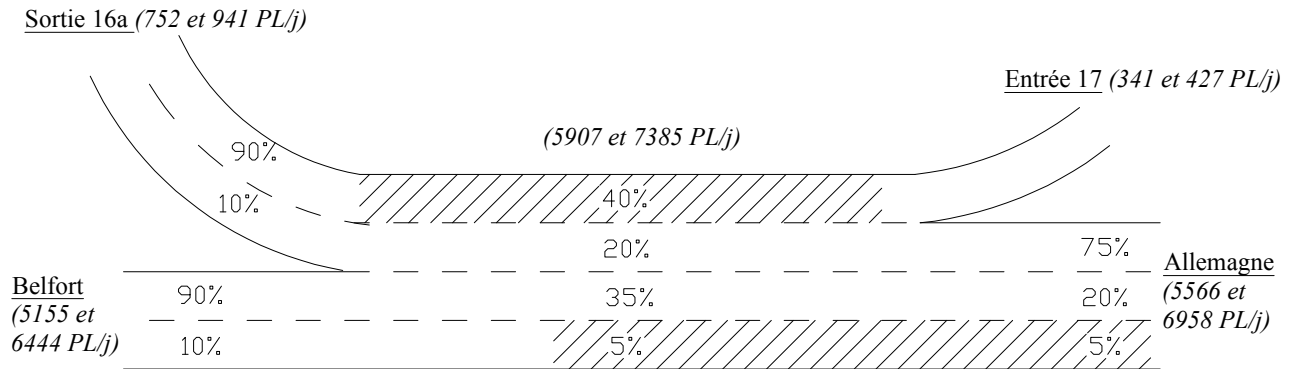


Fig.22 :Schéma de répartition du trafic Poids Lourd sur la chaussée.

Les hachures représentent les 2 voies nouvelles à dimensionner, les données de *Datacollect* entre parenthèses nous permettent de déterminer le Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA) poids lourd de l'année 2005 (considérée comme l'année de mise en service) et celle de 2015.

$$C_{2015} = d + t \times d \times (d-1)/2 = 10 + 2.5\% \times 10 \times (10-1)/2 = 11.125$$

$$C_{2035} = d + t \times d \times (d-1)/2 = 20 + 1.25\% \times 20 \times (20-1)/2 = 22.375$$

Calculons d'abord le nombre cumulé de poids lourd sur la voie d'entrecroisement:

$$\begin{aligned} TC_{i30} &= (365 \times T_{2005} \times C_{2015}) + (365 \times T_{2015} \times C_{2035}) \\ &= (365 \times 40\% \times 5907 \times 11.125) + (365 \times 40\% \times 7385 \times 22.375) \\ &= 9\,594\,444.75 + 24\,124\,948.75 \\ &= 33.7 \text{ millions de poids lourd} \end{aligned}$$

On se trouve entre 14 et 38 millions de poids lourds, d'après le catalogue des structures types de chaussées neuves, on est dans le cas d'une classe de trafic : TC_{630} .

Pour cette classe de trafic, la plate-forme support de chaussée (PFI) doit obligatoirement être supérieure ou égale à une PF3.

Calculons maintenant le nombre cumulé de poids lourd sur la 3^{ème} voie (« sur TPC »):

$$\begin{aligned} \text{Avant l'entrée 17 : } TC_{i30} &= (365 \times T_{2005} \times C_{2015}) + (365 \times T_{2015} \times C_{2035}) \\ &= (365 \times 5\% \times 5566 \times 11.125) + (365 \times 5\% \times 6958 \times 22.375) \\ &= 1\,130\,071.94 + 2\,841\,255.81 \\ &= 4 \text{ millions de poids lourd} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Après l'entrée 17 : } TC_{i30} &= (365 \times T_{2005} \times C_{2015}) + (365 \times T_{2015} \times C_{2035}) \\ &= (365 \times 5\% \times 5907 \times 11.125) + (365 \times 5\% \times 7385 \times 22.375) \\ &= 1\,199\,305.6 + 3\,015\,618.6 \\ &= 4.22 \text{ millions de poids lourd} \end{aligned}$$

Dans les 2 cas on se trouve entre 3 et 6 millions de poids lourds, d'après le catalogue des structures types de chaussées neuves, on est dans le cas d'une classe de trafic : TC_{430} .

Pour cette classe de trafic, la plate-forme support de chaussée (PFI) doit obligatoirement être supérieure ou égale à une PF2.

b) Détermination de la plate-forme support de chaussée (PFI) :

Pour cela, il est nécessaire de connaître la nature des matériaux en place pour déterminer dans un premier temps le cas de PST (Partie Supérieure des Terrassements) et la classe d'ARi (Arase des terrassements) présents sur site.

Lors de mon étude, je n'ai pu trouver aucun sondage ou étude géotechnique du site ; en revanche, les renseignements fournis par les personnes ayant déjà travaillé sur l'élargissement de l'A36 m'ont permis de classer le sol en place : il s'agit de « gravier du Rhin » de type D (insensible à l'eau) d'après la classification du GTR.

A partir de ces données et grâce au tableau IX p.64 (du §3.3.2) du GTR, on trouve que la classe de la PST de notre projet correspond au cas n°6, ce qui signifie qu'il s'agit d'un très bon sol avec une bonne portance mais qui pose des problèmes de réglage et/ou de traficabilité à court terme.

En admettant que le module EV2 est compris entre 120 MPa et 200 MPa (essai de plaque à réaliser sur ce matériau D présent sur le site), on classe l'arase des terrassements en tant que AR3.

L'annexe 3 du fascicule II du GTR donne l'épaisseur préconisée de couche de forme et la plate-forme support de chaussée obtenue ; dans le cas présent, une PST6 et une arase AR3 permet bien d'obtenir une plate-forme PF3.

La couche de forme ne sert ici que de réglage (épaisseur de l'ordre de 20 à 30 cm) pour une bonne traficabilité à court terme et un bon nivellement pour la future structure de chaussée.

c) Détermination de la structure de chaussées :

On préférera les structures bitumineuses épaisses aux structures traitées aux liants hydrauliques pour leur meilleure résistance aux fissurations (chaussée souple). On se trouve en présence de 3 types de structures de référence : GB2/GB2, GB3/GB3 et EME2/EME2 que l'on compare d'un point de vue économique ci-dessous :

	Structure 1 (GB2/GB2)		Structure 2 (GB3/GB3)		Structure 3 (EME2/EME2)	
	TC4 ₃₀ , PF3	TC6 ₃₀ , PF3	TC4 ₃₀ , PF3	TC6 ₃₀ , PF3	TC4 ₃₀ , PF3	TC6 ₃₀ , PF3
Distance (m)	3 935	1 010	3 935	1 010	3 935	1 010
Largeur (m): BAU ou BDG + 3ème voie	4,5	6,5	4,5	6,5	4,5	6,5
Epaisseur BBTM (cm)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Epaisseur BBSG (cm)		6		6		6
Epaisseur BBM (cm)	4		4			
Epaisseur GB2/GB2 (cm)	20	28				
Epaisseur GB3/GB3 (cm)			18	26		
Epaisseur EME2/EME2 (cm)					16	19
Prix unitaire (Euros/t) BBTM	65,3	65,3	65,3	65,3	65,3	65,3
Prix unitaire (Euros/t) BBSG		56,25		56,25		56,25
Prix unitaire (Euros/t) BBM	58,3		58,3			
Prix unitaire (Euros/t) GB2	41,75	41,75				
Prix unitaire (Euros/t) GB3			43,25	43,25		
Prix unitaire (Euros/t) EME2					50,3	50,3
Prix total HT	534 245 €	268 567 €	509 733 €	261 409 €	419 973 €	234 259 €
Prix total HT de la structure	802 811 €		771 142 €		654 232 €	
Différence avec la variante la plus économique	+22,7%	148 580 €	+17,9%	116 910 €	0,00%	- €

On choisira une structure EME2/EME2 qui est la plus économique et qui a une meilleure tenue à la fatigue que la GB2 et la GB3.

On retiendra ainsi, pour une classe de trafic TC₆₃₀ (ou TC₄₃₀) et une PF3, la structure de chaussée suivante (selon le Catalogue des structures types de chaussées neuves):

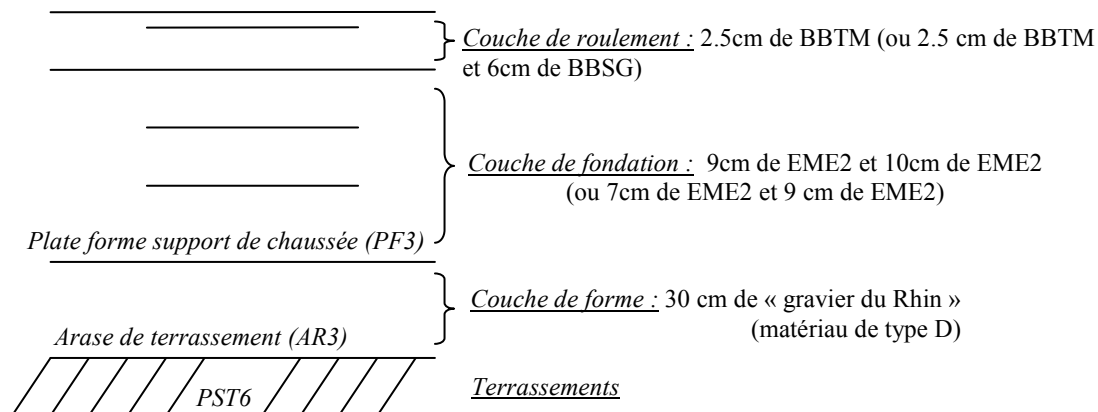


Fig.23 : Structure théorique de la 3^{ème} voie de l'A36.

d) Vérification au gel-dégel de la structure :

Une fois que la structure complète de la chaussée est déterminée pour une résistance à un trafic donné, il faut vérifier sa résistance au gel-dégel.

On est en présence de matériau de type D insensible à l'eau et non gélifs (cf. annexe 3 p.23 du catalogue des structures types de chaussées neuves) pour la PST et la couche de forme : en effet, on réutilise le sol en place comme couche de forme pour ses bonnes propriétés.

On se situe à Mulhouse dont l'indice de gel des hivers exceptionnel est de $IR = 415\text{ }^{\circ}\text{C} \times \text{jours}$.

Il n'y a aucun matériau gélif sous la plate-forme support de chaussée donc il n'y a pas de calcul de Q_g à effectuer.

D'après l'abaque de gel de la structure retenue EME2/EME2, on obtient un $IA > IR$ pour un $QB = 12.30$ pour la voie d'entrecroisement et de 13.70 pour la 3^{ème} voie sur le TPC. Soit un $Q_{ng} = 12.30$ et 13.70 , ce qui donne une couche de matériau non gélif de 110cm à placer sous la structure de la voie d'entrecroisement et de 120cm sous celle de la 3^{ème} voie du TPC.

Or le matériau non gélif étant présent à la fois dans la PST et dans la couche de forme, la vérification au gel-dégel est positive.

e) Choix définitif de la structure à mettre en place :

Il a été fait le choix de réutiliser le matériau en place pour ces bonnes propriétés en tant que couche de forme.

Les 2.5cm de BBTM servant de couche de roulement seront remplacé par une couche de 4 cm de BBM permettant ainsi une bonne liaison avec la chaussée existante après rabotage de celle-ci sur 3 à 4cm .

Pour éviter des coûts trop élevés de travaux, la couche de forme se limitera à $30/40\text{ cm}$ au lieu des 110 et 120 cm théoriques; cela ne changeant rien à sa résistance au gel car le

matériau de la couche de forme est le même que celui de la PST. La couche de forme n'a ici qu'un rôle de réglage à court terme.

Toutefois, cette structure devra être validée par la DDE 68.

3°) Le terrassement:

Le terrassement de la 3^{ème} voie ainsi que de la voie d'entrecroisement implique un volume de matériau à déplacer et à stocker pour ensuite être réutiliser. Il faut donc trouver pour cela un site de stockage provisoire dans les alentours de l'A36.

De plus, le merlon étant arasé sur environ 800m, un volume de 8000m³ pourra être réutilisé pour remodeler les pentes de talus ou devra être stocké dans une décharge prévue à cet effet.

Lors du terrassement du TPC et de la voie d'entrecroisement, il faudra veiller à remettre en place les réseaux secs (chambres et fourreaux), préserver l'actuel réseau d'assainissement, insérer le futur réseau d'assainissement (notamment la chape d'étanchéité au niveau de la couche d'assise), conserver ou mettre en place les socles de fondation pour portiques.

IV – Etude de l'assainissement :

1°) Les hypothèses de calcul :

a) Les obligations du contrat :

Le contrat passé avec le maître d'ouvrage contient 3 points spécifiques concernant l'assainissement de l'A36 :

« *Système de recueil des eaux pluviales en TPC* » : le TPC devra être imperméable entre les PR 100+050 et 102+250 (périmètre rapproché zone A des captages d'eau potable de Mulhouse), toutefois l'évacuation des eaux du TPC se fera par les traversés existantes sous la route et non par écoulement sous les GBA vers les chaussées. Le bureau d'études veillera à réutiliser les collecteurs existants pour concevoir un réseau d'assainissement du TPC adéquat.

« *Recueil des eaux pluviales de la variante VAC* » : le bureau d'études concevra un dispositif complet (calcul de débit, de surface, de section et calage en Profil en Long (PL) et Vue en Plan (VP)...) de recueil des eaux pluviales entre les PR102+050 et PR100+050 qui garantisse contre la submersion des chaussées tout en englobant le réseau existant de l'A36 et de la RN66. L'étude du traitement des eaux n'est pas prévue dans le marché.

« *Calcul de la totalité du réseau des eaux pluviales existant sur l'A36 et la RN66* » : le réseau est constitué de collecteurs en béton armé divisé en 3 tronçons. Le bureau d'études définira les collecteurs à remplacer ou à doubler ainsi que les zones critiques.

Un extrait du contrat traitant de l'assainissement se trouve en annexe 9.
Le tronçon 3 ne sera pas étudié, il n'est pas modifié par les travaux.

b) Les données du site :

Sur la section courante de l'A36 qui nous intéresse, il y a présence d'un point haut (au PR101+238) et un point bas (au PR100+472) d'après le profil en long existant.

Le réseau peut se décomposer en 2 parties : la partie « Ouest » et la partie « Est ». (cf. Annexe 10 et 11).

On prendra comme référence le guide : « *Recommandation pour Assainissement Routier* » (RAR). Pour calculer les débits, on utilisera la formule rationnelle suivante :

$$Q = 1/3600 \cdot C \cdot i \cdot A \quad (\text{en l/s})$$

Avec :

- Coefficients de Montana à Mulhouse : $a = 310$ et $b = 0.689$ (quelque soit la durée de l'averse, de 6 à 360 min), soit une intensité de pluie de $i = 310 \times t^{-0.689}$.
- Durée de l'averse pour un réseau de longueur $< 200\text{m}$: $t = 10\text{min}$ (§ 2.1.2 p.15)
- Coefficient de ruissellement pour le réseau latéral et pour le TPC : $C = 1$ (on admet qu'il y a aucune infiltration dans la chaussée).

La période de retour pour le dimensionnement sera de 10 ans et celle pour la vérification sera de 25 ans.

On admettra un pourcentage d'erreur dans les calculs de débits de $\pm 10\%$.

On procédera d'abord à un calcul des surfaces à imperméabiliser pour chacun des tronçons de buses, pour ensuite vérifier que le réseau est suffisamment dimensionné pour recevoir les nouveaux débits, et dans le cas contraire trouver une solution pour le remplacer ou le doubler.

Enfin, on cherchera le réseau d'assainissement le plus adéquat pour la voie d'entrecroisement et le Terre-plein Central.

2°) Le système de recueil des eaux pluviales du TPC :

Comme le stipule le contrat, le Terre-plein Central doit être imperméable aux eaux de pluie. Le but étant de réutiliser au maximum les avaloirs et les collecteurs traversant la chaussée. Ils sont situés en moyenne tout les 150 à 200 m sur le tracé.

Dans un premier temps, il est nécessaire de vérifier la présence d'un avaloir au point bas du profil en long de l'autoroute : ce n'est pas le cas, il faudra donc prévoir la création d'un avaloir sur le TPC au PR 100+472 et de son raccordement au réseau existant sous la chaussée. Ce raccordement se fera par fonçage pour éviter le blocage de la circulation dans le sens Belfort-Allemagne.

Le TPC du projet est délimité par 2 DBA séparés d'une distance variant de 0.77 m à 4.15 m. La solution choisie étant de placer une bordure de type CC.2 (cf. Annexe 12) au centre du TPC pour permettre l'écoulement des eaux pluviales vers les avaloirs les plus proches. Le calage de cette bordure se fera sur de la GNT, les pentes reliant les DBA à la bordure CC.2 se feront à l'aide de BBM au moment même de la mise en œuvre de la couche de roulement de la 3^{ème} voie.

Pour éviter les infiltrations, une chape d'étanchéité a été mise en œuvre sous la couche d'assise ; celle-ci n'est pas présente sous le TPC, il faudra donc veiller à faire la jonction entre la géomembrane existante sous la chaussée et celle à mettre en place pour le TPC. Des drains existent déjà pour évacuer les eaux vers les avaloirs existants.

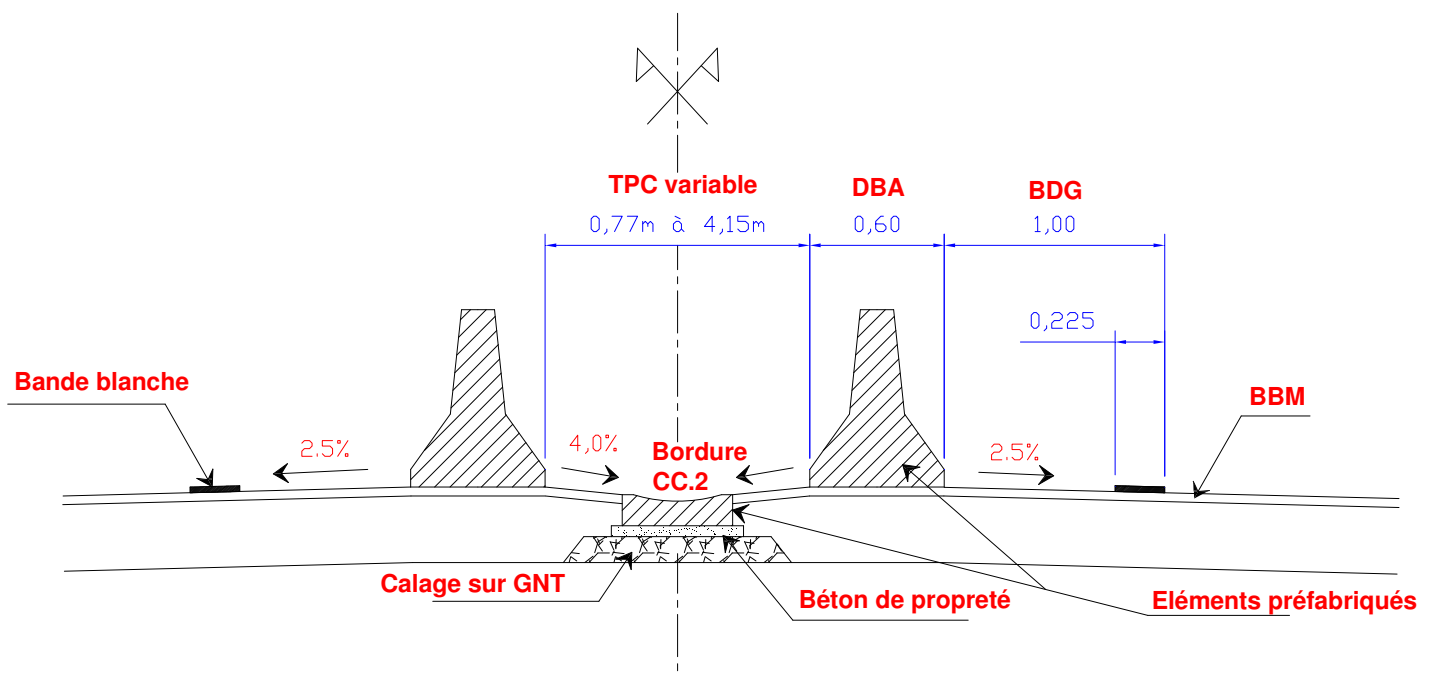


Fig.24 : Coupe type de l'assainissement du TPC.

3°) Calculs de débits et de surfaces :

Une fois toutes les hypothèses en notre possession, il faut vérifier si le réseau existant est suffisamment dimensionné pour recevoir les nouvelles surfaces à imperméabiliser ; pour cela on procède à un calcul de chaque surface pour chaque tronçon, ce qui nous permet ainsi de déterminer le débit circulant.

Pour calculer les débits, 2 méthodes se présentent à moi :

- Je peux déterminer chacune des surfaces, ensuite les rentrer dans un tableau avec les données du site (cités ci-dessus) pour enfin trouver les débits correspondants dans chaque buse.
- Je peux également à partir d'un programme Excel (cf. Annexe 13) découper le réseau en plusieurs tronçons et rentrer plusieurs paramètres (longueur, pente, largeur de chaussée...) pour déterminer la valeur du débit avec cette fois une variation du temps d'équilibre.

J'ai appliqué les 2 méthodes, et j'ai comparé les résultats avec la capacité des buses béton (cf. Annexe 14).

La capacité des buses béton à recevoir un débit dépend de leur pente, de leur diamètre, du coefficient de Strickler (qui vaut ici pour une buse en béton 70) et de la hauteur d'eau dans la canalisation (on prendra la hauteur maximale qui donnera le débit maximal soit 94% du diamètre de la buse). Un programme *Excel* prenant en compte tout ces paramètres permet directement de déterminer le débit capable de chaque collecteur (cf. Annexe 15).

Les valeurs des débits diffèrent quelques peu selon la méthode choisie ; mais au final, les mêmes collecteurs sous-dimensionnés sont à changer ; 32.5% du réseau Ouest et 23% du réseau Est sont à modifier (soit au total environ 2100m de buses béton).

4°) Solutions choisies pour le nouveau réseau d'assainissement:

Tout d'abord, pour l'avaloir à mettre en place au PR100+472 (point bas du profil en long), la solution du fonçage a été choisie ; pour des raisons de place et de facilité, le fonçage se fera sous toute la largeur de l'autoroute. Cela permettra aussi de soulager la traversée existante au PR100+524.

La majorité des collecteurs se trouvant le long de l'entrée n°16 (depuis Mulhouse-*Les Coteaux* vers l'Allemagne) sont sous-dimensionnés : tout le réseau sur cette partie sera donc à refaire.

Le long de la voie d'entrecroisement, tout le réseau sera évidemment détruit pour laisser la place à la nouvelle voie, en laissant tout de même les avaloirs pour permettre le prolongement des collecteurs reliant le TPC au réseau longitudinal.

De nouveaux drains seront placés sous la couche d'assise au niveau de la nouvelle BAU pour les eaux internes.

Les caniveaux situés sur le bord de la chaussée seront constitués de bordures T2 et auront le profil suivant :

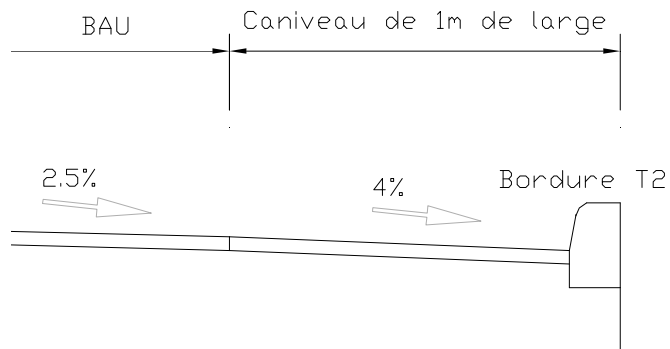


Fig.25 :Coupe type d'un caniveau.

Dans le sens Belfort-Allemagne, un collecteur « isolé » se trouve être sous-dimensionné ; le choix a été fait de le laisser intact. En effet, le caniveau de la chaussée étant dans le même sens d'écoulement que le réseau de collecteur enterré, l'éventuel surplus d'eau continuera dans le caniveau et se jettera dans l'avaloir suivant.

V – La signalisation et les équipements :

La signalisation sera conforme au guide technique de conception des accès sur Voies Rapides Urbaines de type A (VRU A), à l'Instruction ministérielle n°82-31 du 22 mars 1982 relative à la signalisation de direction, au guide de Traitement des Obstacles Latéraux de 2002, à l'Instruction ministérielle sur la signalisation routière de novembre 1967 livre I et au schéma directeur de l'autoroute A36 section Mulhouse-frontière allemande du 01 jan. 1999.

1°) Signalisation verticale de direction:

Il s'agit de l'étude de la signalisation directionnelle neuve sur les voies nouvelles et de la modification de l'existante sur l'A36, la RN66, la RD20, la RD68.

a) Les hypothèses faites et les caractéristiques des panneaux :

La vitesse limite sur l'A36 est de 110 km/h, mais la vitesse pratiquée étant légèrement supérieure, la hauteur de base sera prise égale à $H_b=320\text{mm}$; pour les bretelles, la vitesse étant de 70 km/h, elle sera de $H_b = 250\text{mm}$. (Circulaire 82-31 p.101 et 117)

La hauteur d'implantation des panneaux sera comprise entre 1m et 2.50m sur les accotements, et de 5.50m pour les portiques, potences ou haut-mâts pour dégager le gabarit (TOL chap.7 § 1.1 p.93).

Tous les supports de signalisation dont le moment résistant maximum est supérieur à 570daN/m^2 devront être isolés par un dispositif de sécurité, les autres devront être implantés à 0.70m minimum (distance entre le bord de la BAU et l'aplomb gauche du panneau) (TOL chap.7 § 1.1 p.94).

Pour être protégé, le support doit se trouver dans la zone d'isolement de la DBA ; autrement dit à moins de 1.20m depuis le bord de la DBA côté chaussée. (ICTAVRU Annexe1 p.66).

La résistance au vent à prendre pour le dimensionnement est de 130daN/m^2 .

Les panneaux seront revêtus par un film rétrofléchissant de classe II à structure micro prismatique. (Circulaire 82-31 p.156)

Le nombre de mentions maximales signalées pour une même direction ne doit pas excéder 6 mentions (4 mentions maximum pour une même couleur), sauf pour les panneaux de présignalisation. Le nombre de mentions maximales pour l'ensemble des directions desservies (provenant d'une même direction) ne doit pas excéder 12 mentions. (Circulaire 82-31 p.61).

Les panneaux existants et leurs supports seront à réutiliser au maximum (après vérification de leur résistance et de leur dimension). Les panneaux existants non nécessaires vis-à-vis de la norme mais apportant des informations supplémentaires seront laissés en place.

b) Etude de la signalisation directionnelle de l'A36:

A ce stade de mon PFE, j'ai dû apprendre à utiliser le logiciel *SHERPA* pour la conception des panneaux directionnels.

Après avoir étudié la signalisation existante, j'ai répertorié les ensembles à supprimer, à maintenir, à modifier ou à créer dans le tableau suivant (cf. aussi exemples annexe 16):

	Désignation actuelle	Désignation projet	PR	Nomenclature	Type	Ensemble à Maintenir	Ensemble à Modifier	Ensemble à Supprimer	Ensemble à Créer
Sens Belfort - Allemagne	13ba	15	1+250 (SAPRR)	Da31c + D41a	Portique	X			
	12ba	14	0+430 (SAPRR)	D31a	Potence	X			
	11ba	13	0+134 (SAPRR)	D31a	Potence		X		
		12	100+781	D41a	Rive				X
		11	100+781 (TPC)	D62b	Haut-mât				X
	10ba	10	100+969	D51a	Rive	X			
	9ba	9	101+093	D41a	Rive	X			
	8ba	8	101+581	Da31c + D31a	Portique		X		
	7ba	7	1+052 (RD20)	D43	Rive	X			
	6ba	6	103+497	D51a	Potence	X			
	5ba	5	103+497 (TPC)	D41a	Haut-mât	X			
	4ba	4	103+988	D41a	Portique		X		
	3ba	3	104+960	D31a	Portique		X		
	2ba	2	105+390	D31a	Potence	X			
	1ba	1	105+534	Da31c + Da31a	Portique	X			
Sens Allemagne - Belfort	1ab	1	103+360	KD19a	Rive	X			
	2ab	2	103+150	D51a	Rive	X			
	3ab	3	102+810	D41a	Haut-mât	X			
	4ab	4	102+810 (TPC)	D41a	Haut-mât	X			
	5ab	5	102+213	Da31c + D31a	Portique		X		
	6ab	6	101+860	Da31b	Potence		X		
	7ab	7	107+790	D71	Rive	X			
	1rd20	8	4+006 (RD20)	D21b	Rive	X			
	2rd20	9	4+029 (RD20)	D21b	Rive	X			
	3rd20	10	4+029 (RD20)	D21b	Rive	X			
		11	101+502	Da51 ou D51b	Rive				X
		12	101+502 (TPC)	Da51 ou D51b	Haut-mât				X
	8ab		101+346	D51b	Rive			X	
		13	101+202	Da41b + Da41c + Da41a	Portique				X
	9ab		101+170	D41a	Rive			X	
	10ab		101+000	Da31c + D31a	Portique			X	
		14	100+902	Da31c + Da31b + Da31a	Portique				X
	11ab	15	100+808	Da31b	Potence		X		
	12ab	16	100+554	D41a	Rive	X			
	13ab	17	100+470	KD79a	Rive	X			
	14ab	18	100+405	Da31c + D31a	Portique	X			
	15ab	19	100+160	D21b	Rive	X			
	16ab	20	100+160	D21b	Rive	X			
Total						22	7	3	6

Fig.26 : Tableau récapitulatif de la signalisation directionnelle.

Ils sont représentés sur le tracé de l'A36 dans l'annexe 17.

Après avoir été en relation avec le bureau d'étude de l'entreprise SIGNATURE qui fabrique des portiques pour la signalisation directionnelle, j'ai pu connaître la largeur au pied du portique la plus défavorable : cette largeur peut varier entre 550 et 720 mm.

Or sur le TPC, la largeur entre les 2 DBA au niveau des ensembles 05 et 12 (sens All-Bel) et 08 (sens Bel-All) est de 850 à 1000mm (valeurs les plus faibles sur tout le tracé d'étude).

Il faut savoir cependant que la norme permettant le dimensionnement de ces portiques sera modifié (norme révisé : XPP 98 550-1) dans les mois qui suivent et risquera à ce moment là d'augmenter légèrement les dimensions du portique, il faudra voir à ce moment là si un évidement des DBA s'avère être nécessaire.

2°) Signalisation verticale de police:

N'ayant pu obtenir un listing complet de la signalisation de police de la part de la DDE, l'étude de celle-ci ne pourra se faire dans ce rapport. Toutefois, il est à préciser selon les termes du contrat que les panneaux seront de très grande taille sur autoroute, de grande taille sur les bretelles à l'exception du premier panneau rencontré en sortie qui sera aussi de très grande taille. Leur implantation respectera la 2^{ème}, la 3^{ème}, la 4^{ème} et la 5^{ème} partie de l'Instruction ministérielle de nov. 67.

3°) Signalisation horizontale:

Il s'agit des marques sur chaussée ; selon la 7^{ème} partie de l'Instruction ministérielle de nov. 67 livre I, Art. 113-1, 113-2 et 117-3, les types de lignes seront les suivantes :

- Ligne du TPC : continue, de largeur 3u
- Ligne axiale et de délimitation de voies : type T1, de largeur 2u
- Ligne de la BAU : type T'3, de largeur 3u
- Ligne d'entrecroisement, d'insertion et de décélération : type T2, de largeur 5u

Pour les autoroutes, u est pris égal à 7.5 cm (confirmation écrite dans le contrat).

La représentation de ces différentes lignes se trouve sur le plan de l'annexe 18.

4°) Les équipements:

Sont considérés comme équipement d'une route : la signalisation, le Réseau d'Appel d'Urgence (RAU), l'éclairage et les dispositifs de retenue. L'étude du RAU ne faisant pas partie du contrat et celle de la signalisation étant déjà faite, nous nous pencherons donc sur l'étude de l'éclairage et surtout des dispositifs de retenue.

a) L'éclairage public et les réseaux secs de l'A36:

Il s'agit des candélabres situés sur les bretelles d'entrée et de sortie de l'autoroute. Cependant le contrat ne stipule rien concernant l'éclairage public, seul la remise à jour des réseaux (fibre optique et ligne haute tension) sur plan topo est demandée.

Terre Plein Central :

Les réseaux déterrés lors des travaux pour la mise en place de la structure de la 3^{ème} voie seront replacés de telle sorte que les chambres de tirage et les candélabres (présents du PR100+350 au 101+400) se situent bien entre les DBA.

Entre les PR101+400 et 102+300, l'espace entre les DBA se trouve être faible, de l'ordre de 0.80 à 1.10m ; certaines chambres France Télécom requerront la présence d'évidement dans les DBA (30 cm maxi selon l'Instruction relative à l'agrément et aux

conditions d'emploi des dispositifs de retenue des véhicules contre les sorties accidentelles de chaussée, Fascicule 3 p.40).

Par contre, au niveau du PR102+000, une chambre de 2.50m de côté semble ne pas rentrer entre les DBA malgré les évidements possibles.

Une autre solution serait d'interrompre les 2 DBA et de les recouvrir par un capot métallique (Fascicule 3 p.37) ; or dans ce cas là les eaux de pluie du TPC s'écouleraient sur les voies. Il faudra donc voir la possibilité de changer de chambre (avec des dimensions plus faible) ou de la déplacer de quelques centaines de mètres.

Sens Belfort-Allemagne :

Tous les candélabres et les réseaux situés le long de l'A36 ne sont pas concernés par les travaux (création de la 3^{ème} voie sur le TPC) dans ce sens là.

Sens Allemagne-Belfort :

Du PR 102+750 au 101+800, les réseaux secs longitudinaux et les candélabres de la sortie 17 ne sont pas concernés par les travaux et resteront donc comme actuellement.

A partir du PR 101+720, la création de la voie d'entrecroisement à partir de l'entre 17 va entraîner l'arase complète du merlon du PR101+530 au 100+660 et donc le décalage de tous les réseaux, des quelques candélabres, des chambres France Télécom et de la signalisation verticale présents le long de l'A36 ainsi que le prolongement des fourreaux passant sous la chaussée. Tous ces équipements seront placés derrière une Longrine en Béton Armée (LBA) de 1.50m de haut.

Un reprofilage de moins d'un mètre du merlon existant le long de l'entrée 17, (du PR101+760 au 101+530) sera également nécessaire et entraînera uniquement un repositionnement des 3 candélabres).

A partir de la sortie 16a jusqu'au PR100+000, l'existant reste intact, mise à part quelques modifications de la signalisation horizontale sur la sortie 16b ; mais ceci ne concerne pas les équipements.

b) Les dispositifs de retenue de l'A36:

Tout les dispositifs et leurs mise en place (ancrage, raccordement...) respecteront l'*Instruction relative à l'agrément et aux conditions d'emploi des dispositifs de retenue des véhicules contre les sorties accidentelles de chaussée*, ainsi que le guide technique du *Traitement des obstacles latéraux de 2002* (TOL).

Ils seront tous de niveau 1a (TOL § III.1 p.113). Les dispositifs de sécurité sur le tronçon étudié de l'A36 sont représentés sur le plan en annexe 19.

Le TPC sera constitué de 2 séparateurs en béton de type DBA (Double en Béton Adhérent, 60cm de base, 80 cm de haut), tandis que le traitement des autres obstacles latéraux se fera avec des glissières métalliques de type GS2 (TOL § III.2 p.113):

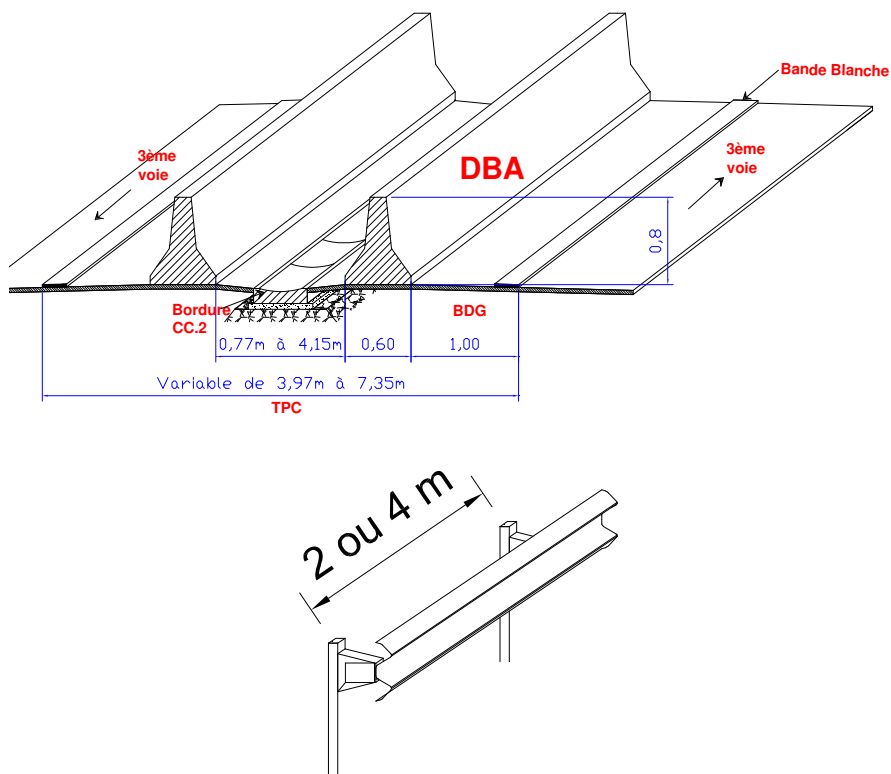


Fig.27 : DBA (en haut) et glissière métallique (en bas).

Les DBA sont des dispositifs dits « rigides » (contrairement aux glissières métalliques qui sont des dispositifs « souples »), avec une bonne stabilité, une résistance mécanique élevée, une bonne répartition des efforts de poinçonnement transmis au sol par l'arrière du dispositif ; de plus, leur entretien est minime comparé aux autres dispositifs.

Ils seront directement coulés en place sur la dernière couche de roulement, après nettoyage de celle-ci (qui s'étendra jusqu'à la bordure CC.2).

Tous les ensembles de signalisation 18, 12, 05 (sens All.-Bel.), 11 et 08 (sens Bel.-All.), ainsi que les candélabres situés en TPC seront dimensionnés de telle sorte à supporter le choc de la caisse d'un poids lourds de 12 tonnes. En effet, la largeur faible du TPC à certains endroits du tracé ne permet pas de placer ces éléments dans la zone d'isolement du séparateur DBA, définie dans le fascicule 3 Annexe 1, § III p.14.

Tous les dispositifs de sécurité latéraux, dans les 2 sens de circulation, situés à partir du PR101+780 en direction de l'Allemagne restent inchangés sauf pour le TPC (cf. ci-dessus). Leur état sera à vérifier et un entretien sera effectué si nécessaire. Il en sera de même pour les dispositifs situés à partir du PR100+307 en direction de Belfort ; les travaux n'intervenant pas non plus sur les dispositifs de cette portion. (la sortie 16b vers Thann ne subit que des travaux de marquage au sol pour le passage de 2 voies actuellement à 1 voie pour le projet).

Autrement dit, seul la mise en place de dispositifs entre les PR 100+307 et 101+780 sera étudiée.

La zone de sécurité sur autoroute limitée à 110 km/h est de 8.50m sur 3 m de haut à partir du bord extérieur de la BAU (TOL III.2 p.27). Dans notre cas il est difficile de respecter une telle largeur de zone. Il sera donc nécessaire d'isoler tous les éléments situés sur le bord de l'A36.

Sens Allemagne-Belfort :

Au niveau de l'entrée 17, le long du merlon reprofilé, la présence des 3 candélabres à moins de 1.20m contraint à mettre en place une barrière de type GS2 SO (Fascicule 2, Annexe 1, 3 p.11) depuis le sentier après le pont jusqu'au PR101+530.

Une longrine en Béton Armé en lieu et place du merlon arasé, servira de dispositif de retenue du PR101+530 au PR100+650. Elle aura le même profil que les DBA mais mesurera 1.50m de haut. Tous les éléments de signalisation seront placés dans la zone d'isolement de celle-ci.

La longrine se raccordera parfaitement au mur déjà présent sur l'ouvrage d'art SNCF (OA2).

Au niveau de la sortie 16a vers Mulhouse-Les Coteaux, les candélabres sont situés dans la zone de sécurité, une barrière GS2 partant de la Longrine jusqu'à l'ouvrage d'art OA55 où des glissières de type GS sont déjà présentes.

Tous les raccordements entre longrine béton et glissière métallique ainsi qu'entre 2 glissières métalliques respecteront l'*Instruction relative à l'agrément et aux conditions d'emploi des dispositifs de retenue des véhicules contre les sorties accidentelles de chaussée*, Fascicule 3, Annexe 2, 2 p.29 et Fascicule 2.

Les ensembles 16, 17 et 18 devront être isolés selon les instructions du TOL chap.7 §I.I p.93 et 94 et chap.10 §IV p.115 et 116. Les files auront une longueur minimale de 100m, et seront abaissées sur 12m.

Compte tenu de la proximité de tous ces éléments, un dispositif de retenue commun partira de la bifurcation au PR100+660 pour rejoindre le dispositif de retenue existant sous l'ouvrage OA55, englobant par la même occasion le PAU 3 (Poste d'Appel d'Urgence3, cf. ci-dessous).

Sens Belfort-Allemagne :

Les informations relatives aux équipements dans ce sens sont incomplètes ; un relevé topographique complémentaire doit être effectué sur cette partie.

Cependant, le bord de la chaussée dans ce sens n'est pas concerné par l'élargissement, donc les dispositifs de retenue restent intacts (après vérification de leur état).

En revanche, il s'avère que certains ensembles nouveau ou existant ne sont pas isolés. L'implantation des glissières de type GS2 suivant le TOL chap.7 §I.I p.93 et 94 devra être effectué si nécessaire sur les ensembles 08, 09, 10, 11 et 12. Elle respectera les instructions du guide TOL chap.10 §IV p.115 et 116 : les extrémités seront abaissées sur 12 m, la file devant chaque ensemble sera de 100m minimum et sera implanté à 0.50 m du bord de la BAU.

c) Les Postes d'Appel d'Urgence de l'A36:

Leur étude ne fait pas partie du marché, mais leur présence parfois dangereuse sur le bord de chaussée nous amène tout de même à en étudier l'implantation.

Les Postes d'Appel d'Urgence situés sur le bord de la chaussée sont normalisés et doivent avoir les caractéristiques dit de « Fusible » (TOL II.2 p.97) donc non dangereux ; en revanche, leur socle béton peuvent s'avérer devenir un obstacle risqué pour un automobiliste : un refuge devra donc être créé sur les 3 PAU présents sur l'A36 dans le sens Allemagne-Belfort. (Un relevé complémentaire dans le sens Belfort-Allemagne déterminera la présence ou pas de PAU sur ce côté là de la chaussée).



Fig.28 : Poste d'Appel d'Urgence situé sur la sortie 16a vers Mulhouse-Les Coteaux (à gau.) et avant la sortie 16b vers Thann (à dr.).

Les 3 refuges devront respecter les caractéristiques suivantes (Dossier d'installation et de maintenance du SETRA, nov. 2005) :

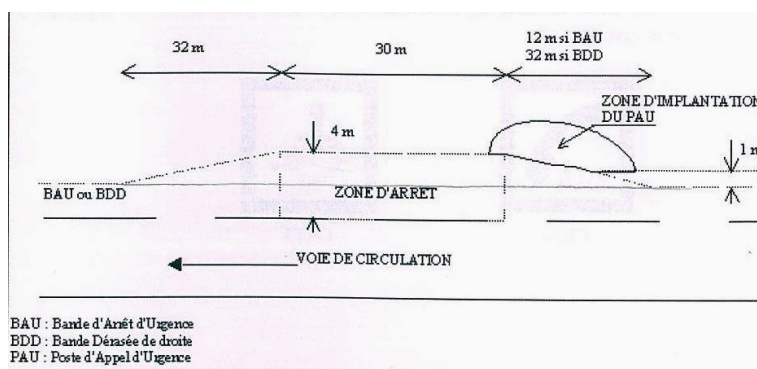


Fig.29 : Caractéristiques géométriques des refuges pour Poste d'Appel d'Urgence.

Ils sont représentés sur l'annexe 19.

Le décalage de quelques dizaines de centimètres des glissières existantes au niveau du PAU 1 est nécessaire pour implanter le refuge.

Le PAU 2 nécessite la création d'un mur de soutènement dans le merlon de 2 m de haut et de 75 m de long. Les glissières GS2 seront fixées sur le mur selon les instructions du Fascicule 3. De plus, le candélabre situé sur le futur refuge devra être démonté définitivement ou remplacé plus près du Poste d'Appel.

Le raisonnement sera identique pour le PAU 3.

d) L'Interruption de Terre Plein-Central (ITPC):

Selon la volonté de la DDE68, l'ITPC se fera au niveau du PR101+000, en évitant l'ouvrage d'art de la SNCF.

D'après le Fascicule 3, Annexe 1, 4.2 p.19, la longueur de la brèche vaudra 100.6 m pour 2 files de DBA. Dans ce cas-là, on utilisera des GS4 démontables au lieu de GS2 pour relier chaque file de DBA.

L'ITPC est également représentée sur l'annexe 19.

VI – Le phasage des travaux :

Les choix seront effectués en fonction des guides du SETRA suivant :

Signalisation temporaire (Volume 2), Manuel du chef de chantier-Route à chaussées séparées

Signalisation temporaire (Volume 6), Choix d'un mode d'exploitation-Minimiser la gêne.

(Voir extraits en annexe 20)

L'élargissement de l'A36 se décomposera en 3 phases :

- 1^{ère} phase : Remplacement des réseaux d'assainissement sur le réseau ouest.
- 2^{ème} phase : Travaux sur le TPC
- 3^{ème} phase : Création de la voie d'entrecroisement

1°) Phase 1 : Réseau d'assainissement ouest :

Il s'agit de remplacer le réseau existant situé le long de l'entrée 16b, depuis Mulhouse-Les Coteaux vers l'Allemagne sur environ 900m : Phase 1a.

Il en sera de même pour les 185m de réseau longitudinal dans le sens Allemagne-Belfort entre les PR100+655 et 100+470 : Phase 1b.

L'implantation des chantiers des 2 phases est représentés sur le plan annexe 21.

La phase 1a débutera au niveau de la RN66 pour avancer progressivement vers l'A36, elle empiètera sur la chaussée existante mais avec sa largeur importante et une limitation de vitesse adéquate la sécurité de tous pourra être maintenue.

Elle commencera avant la phase 1b de telle sorte à finir en même temps que cette dernière ; ceci, pour réaliser le fonçage sous toute la largeur de l'autoroute au PR100+472 (point bas du profil en long). La phase 1b sera totalement fixe, elle neutralisera la voie lente de l'A36 dans le sens Allemagne-Belfort.

2°) Phase 2 : Création de la 3^{ème} voie par le terre-plein central :

Les travaux débuteront au PR105+200 dans le sens Belfort-Allemagne, et avanceront en direction de Belfort. La voie rapide sera donc neutraliser et la BAU sera utilisée afin de limiter les embouteillages comme schématisé en annexe 22.

A partir du PR102+750, la voie rapide dans le sens Allemagne-Belfort sera neutralisée suivant le même principe.

Ce qui donnera le chantier suivant du PR102+750 au PR100+000:

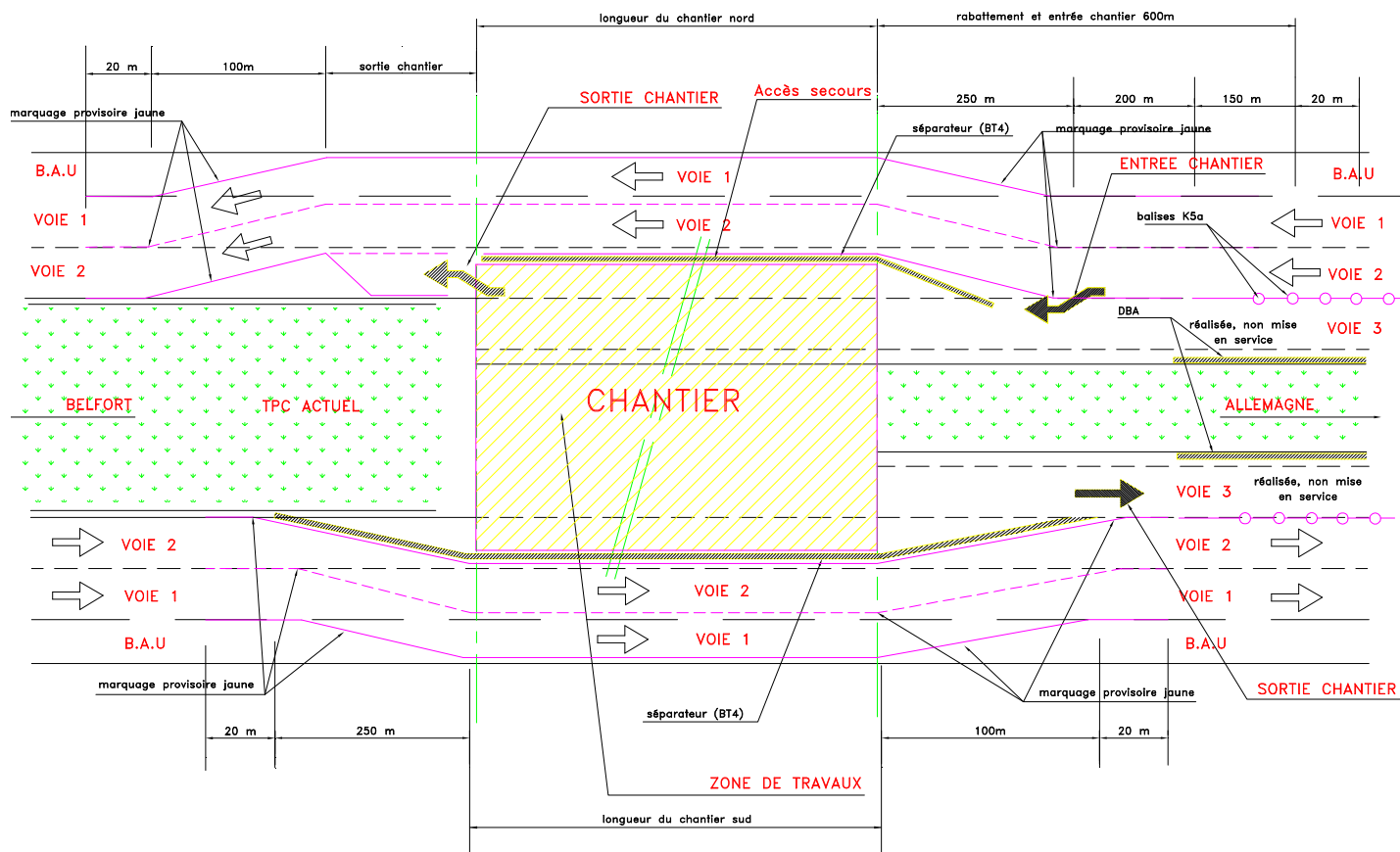


Fig.30 : Schéma de principe de la construction de la 3^{ème} voie en TPC.

Ce chantier avancera donc sur les 2,750 km de l'A36 de l'Allemagne vers Belfort.

3°) Phase 3 : Création de la voie d'entrecroisement :

Le principe de mise en œuvre est représenté en annexe 23. Il s'agit d'un chantier fixe avec un changement de trajectoire de l'existant vers la 3^{ème} voie créée en phase 2. La majorité du merlon sera arasé, les poids lourds et autres engins sortiront par la sortie 16a vers Mulhouse-Les Coteaux.

Tous les candélabres devront être déposés pour ensuite être remontés.

Il faudra penser à mettre en place la chape d'étanchéité au niveau de la couche d'assise et d'en faire la jonction avec celle existante de manière à rendre le tout imperméable.

Les avaloirs seront détruits tandis que les collecteurs transversaux seront laissés intacts pour permettre leur prolongement jusqu'à la future BAU.

VII – Conclusion :

Mon projet de fin d'étude consista en l'étude de projet du prolongement de l'élargissement de l'A36 au niveau de la Rocade Nord de Mulhouse, et ce, dans tout les domaines.

Cela m'a permis ainsi d'être confronté à la réalité du traitement d'une affaire en bureau d'études avec les aléas que cela comporte, de toucher à tous les domaines d'un projet routier et d'appliquer un certain nombre de notions techniques vues durant mon cursus. En effet, j'ai pu enrichir mes connaissances en traitant les différents domaines du projet tels que l'assainissement, les équipements, la signalisation...

Ce projet a nécessité de ma part de la rigueur, un esprit de synthèse, une capacité à élaborer des solutions et à gérer un planning.

Ce projet de fin d'études m'a donné la possibilité de voir tout le travail effectué en amont d'un chantier routier, chose que je n'avais jamais fait lors de mes précédents stages.

VIII – Remerciements :

Je tiens tout d'abord à remercier Patrick GATTEGNO, directeur général d'*EST INGENIERIE* et Pascal MINJEAN directeur adjoint et chef de l'agence de Strasbourg de m'avoir accueilli au sein de leur entreprise.

Je remercie également mon tuteur Laurent HERVE, chef du service Route, qui m'a permis de travailler sur un projet routier pluridisciplinaire, ainsi qu'Alphonse WOELFFEL, professeur à l'INSA de Strasbourg et chargé du bureau « Ouvrages d'Art » au Conseil Général du Bas-Rhin pour m'avoir suivi et conseillé durant mon Projet de Fin d'Etudes.

Enfin, je remercie les ingénieurs du service Route Dominique GODOT, Samuel THIEBAUD et François COLIN pour leurs aides et leurs commentaires ainsi que Mathieu SCHULLER, Mathieu LEMIUS et Natacha RIZET, dessinateurs projeteurs, pour leurs conseils.

Bibliographie :

- Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines (ICTAVRU)
- Conception des accès sur Voies Rapides Urbaines de type A (Guide VRU A)
- Catalogue des structures types de chaussées neuves de 1998
- Guide Technique de réalisation des couches de forme et des remblais (GTR)
- Recommandation pour l'Assainissement Routier de 1982 (RAR)
- Schéma directeur de l'autoroute A36 section Mulhouse-frontière allemande du 01 jan. 1999
- Instruction interministérielle relative à la signalisation de direction, circulaire N°82-31 de 1982
- Instruction interministérielle sur la signalisation routière de 1967 modifié en 2002
- Guide du Traitement des Obstacles Latéraux de 2002 (TOL)
- Instruction relative à l'agrément et aux conditions d'emploi des dispositifs de retenue des véhicules contre les sorties accidentelles de chaussée, circulaire N°88-49 de 1988
- Dossier d'installation et de maintenance du SETRA pour les refuges de Poste d'Appel d'Urgence, nov. 2005
- Signalisation temporaire, Manuel du chef de chantier volume 2 de 2003
- Signalisation temporaire, Manuel du chef de chantier volume 6 de 2003