



Détermination d'une méthodologie d'acquisition et d'analyse des parcs de stationnement selon les normes NF P91-100 et NF P91-120

Augustin Roussel

► To cite this version:

Augustin Roussel. Détermination d'une méthodologie d'acquisition et d'analyse des parcs de stationnement selon les normes NF P91-100 et NF P91-120. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2020. dumas-03267621

HAL Id: dumas-03267621

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03267621>

Submitted on 22 Jun 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET METIERS
ECOLE SUPERIEURE DES GEOMETRES ET TOPOGRAPHES

MEMOIRE

présenté en vue d'obtenir

le DIPLOME D'INGENIEUR CNAM

SPECIALITE : Géomètre et Topographe

par

Augustin ROUSSEL

Détermination d'une méthodologie d'acquisition et d'analyse des parcs de
stationnement selon les normes NF P91-100 et NF P91-120.

Soutenu le 10 septembre 2020

JURY

Monsieur Christophe CHARLET
Monsieur Géraud DE VAUGELADE
Monsieur Jean-Claude BOISNARD
Monsieur Jérémie ROBERT

Président du jury
Maître de stage
Maître de stage
Enseignant référent

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier mon maître de stage, Jean-Claude BOISNARD pour ses nombreux conseils ainsi que pour toute la confiance accordée tout au long de mon stage.

Je remercie également Géraud DE VAUGELADE pour ses conseils et pour avoir accueilli au sein de l'entreprise.

Mes remerciements vont également vers l'ensemble des collaborateurs de l'entreprise m'ayant aidé dans la réalisation de mon stage.

Je tiens aussi à exprimer ma gratitude envers mon professeur référent, Jérémie ROBERT, pour le temps qu'il m'a accordé ainsi que pour m'avoir conseillé et orienté dans la rédaction de mon mémoire.

Enfin, je remercie également ma famille pour m'avoir soutenu tout au long de mes études.

Liste des abréviations

AFAQ : Association Française pour l'Amélioration et le management de la Qualité

AFNOR : Association française de normalisation

API : Application Programming Interface (Interface de Programmation)

BET : Bureau d'Études techniques

CEN : Comité Européen de Normalisation

ERP : Établissement Recevant du Public

FME : Feature Manipulation Engine

ISO : International Organization for Standardization (Organisation internationale de normalisation)

TFE : Travail de Fin d'Étude

VEFA : Vente en l'Etat Futur d'Achèvement

Glossaire

Consensus : Processus visant à obtenir l'accord du plus grand nombre de personnes concernées.

Emplacement en bataille : Stationnement s'effectuant avec un angle de 90° par rapport à la voie de référence.

Emplacement en épi : Stationnement dont l'axe n'est ni parallèle ni perpendiculaire à la voie de circulation.

Emplacement en créneau : Stationnement positionné parallèlement à la voie de circulation.

Réflexion spéculaire : Réflexion durant laquelle le rayon incident donne lieu à un unique rayon réfléchi.

Transformer : Outils permettant la manipulation des données sur FME

Trémie : Accès permettant le passage entre la partie souterraine et la surface.

Table des matières

Introduction	7
I LES NORMES NF P91-100 ET NF P91-120.....	9
I.1 QU'EST-CE QU'UNE NORME ?	9
I.1.1 L'AFNOR	9
I.1.2 Les différents types de normes	9
I.1.2.1 Les normes volontaires.....	9
I.1.2.2 Les normes obligatoires.....	9
I.1.3 Nomenclatures	10
I.1.4 Caractères des normes NF P 91-100 et NF P 91-120.....	11
I.2 COMPARAISON DES NORMES	11
I.2.1 Les catégories d'emplacements	11
I.2.2 Délimitation des emplacements et gestion des obstacles	13
I.2.3 Voie et rampes d'accès	15
I.3 LIMITES DES NORMES.....	17
II PRESENTATION DES METHODOLOGIES D'ACQUISITION ET DE REPORT.....	20
II.1 OBJECTIFS	20
II.2 LA STATION TOTALE ET LE DISTANCOMETRE	21
II.2.1 Opérations de levé et de dessin	21
II.2.1.1 La combinaison station totale et distancemètre	21
II.2.1.2 Levé réalisé uniquement au distancemètre	21
II.2.2 Bilan de l'utilisation de ces méthodes.....	22
II.2.2.1 Avantage	22
II.2.2.2 Inconvénients	23
II.3 LE SCANNER LASER 3D	24
II.3.1 Phase lever	24
II.3.2 Phase traitement.....	25
II.3.2.1 Déroulement.....	25
II.3.2.2 Possibilité d'erreurs liées au traitement.....	25
II.3.3 Bilan lié à l'utilisation du scanner.....	26
II.3.3.1 Atout d'un levé au scanner.....	26
II.3.3.2 Limite de ce type de levé.....	26
II.4 COMPARAISON DES METHODES DE MESURES.....	29
II.4.1 Précisions obtenues.....	29
II.4.1.1 Comparaison entre la station totale et le scanner laser 3D	29
II.4.1.2 Comparaison des méthodes de levé avec le distancemètre.....	30
II.4.2 Temps passé pour chaque levé.....	30
II.5 PRECONISATION POUR L'UTILISATION DU MATERIEL	31
II.5.1 Le scanner	32
II.5.2 La station totale.....	33
II.6 METHODE DE DESSIN ACTUELLEMENT UTILISEE PAR L'ENTREPRISE	33
III PRECONISATION POUR L'APPLICATION DE LA NORME.....	37
III.1 ÉLÉMENTS A PRENDRE EN COMPTE SUR LE TERRAIN.....	37
III.1.1 La prise en compte des équipements	37
III.1.2 La hauteur de mesure	38
III.2 PARTIE CLASSIFICATION.....	39
III.2.1 Les emplacements en épis.....	39

III.2.2	La largeur de voirie	41
III.2.3	Le positionnement des obstacles	44
IV	AUTOMATISATION DU CALCUL	47
IV.1	OBJECTIF	47
IV.2	LE PROCESSUS D’AUTOMATISATION	47
IV.2.1	Modification du dessin	47
IV.2.2	Traitements des différents objets.....	48
IV.2.2.1	Les voiries	49
IV.2.2.2	Les emplacements	49
IV.3	RESULTATS OBTENUS	50
IV.3.1	Comparaison avec des plans réalisés par l’entreprise	50
IV.3.2	Améliorations potentielles	52
IV.3.2.1	La représentation graphique	52
IV.3.2.2	Récapitulatif	52
IV.3.2.3	La prise en compte des rampes et hauteurs	52
IV.3.2.4	Amélioration graphique.....	53
IV.3.2.5	Mise en place de préconisation.....	53
	Conclusion.....	54
	Bibliographie	56
	Table des annexes	58
	Annexe 1 Tableau récapitulatif des textes réglementaires liés à la conception de parcs de stationnement.....	59
	Annexe 2 Process norme NF P91-120.....	60
	Annexe 3 Processus technique d’analyse NF P91-120	64
	Annexe 4 Plan issu de l’automatisation (« Plan 1 »).....	72
	Annexe 5 Plan issu de l’automatisation (« Plan 2 »).....	73
	Liste des figures.....	74
	Liste des tableaux	75

Introduction

Ce stage de fin d'étude a été réalisé au sein de l'entreprise Gexpertise. Cette entreprise, initialement cabinet de géomètre-expert, a beaucoup développé son activité et comporte aujourd'hui quatre départements d'ingénierie. Mon TFE s'est déroulé dans l'un d'entre eux, le département immobilier. Son rôle est de répondre aux enjeux ainsi qu'aux attentes exprimés par les différents clients en lien avec la vie du bâtiment.

Une norme est un document regroupant un ensemble de critères techniques en lien avec l'élaboration d'un produit. Il est important de préciser que les normes NF P91-100 et NF P91-120, réalisées par l'AFNOR, ne sont pas des normes d'application obligatoires, puisque, pour qu'une norme prenne un caractère obligatoire, il est nécessaire que l'administration y fasse référence, ce qui n'est pas le cas ici. Le rôle de ce type de document est de donner un certain nombre de spécificités qui permettront de justifier un niveau de qualité. Il s'agit donc d'une chose que le constructeur pourra mettre en avant afin de valoriser son produit. Dans le cas de ces deux normes, l'objectif est d'assurer le confort des usagers lors l'utilisation du parc de stationnement en définissant des dimensions de références pour un certain nombre d'éléments comme les voiries, les emplacements et les rampes. Les questions liées à la sécurité des utilisateurs ne sont pas abordées par ces documents et font l'objet de réglementations distinctes comme par exemple la réglementation ERP ou encore l'arrêté du 31 janvier 1986 relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation.

Aujourd'hui, le respect des normes NF P91-100 et NFP 91-120 est une question de plus en plus abordée par les constructeurs et l'entreprise est amenée à réaliser de nombreuses missions en lien avec ces documents. En effet, un nombre conséquent de programmes immobiliers considèrent le respect de ces normes comme étant essentiel pour une bonne utilisation du bâtiment. Celles-ci prennent donc de plus en plus de place dans les contrats et font l'objet d'enjeux financiers importants.

L'objectif de l'entreprise est donc d'accompagner ses clients dans la valorisation des parcs de stationnement. Cela peut se faire dès le début de la phase de conception, notamment dans le cadre de vente en l'état futur d'achèvement (VEFA).

Le but sera alors d'effectuer le classement du parc de stationnement et d'effectuer des préconisations (modification de certains éléments) en se basant sur les plans du constructeur. L'entreprise peut aussi être amenée à effectuer le contrôle de parcs existants, ce qui inclut les opérations de levé et d'analyse.

Ces normes dictent diverses dimensions et proportions minimales à mettre en place et à respecter, mais n'indiquent pas de tolérance. L'entreprise a donc tout d'abord commencé à réaliser ses plans en donnant des cotes allant jusqu'au millimètre. Cependant, dans la pratique, les clients jugeaient cela trop pointilleux car un parc de stationnement pouvait être jugé comme étant non conforme pour un écart de quelques millimètres par rapport à la norme. Ainsi, l'entreprise a décidé de fixer l'expression des dimensions au centimètre pour ce type de travail. Dans un souci de cohérence, il faut donc s'assurer que l'ensemble des moyens de mesures mis en œuvre permettent l'acquisition de points possédant une précision comprise dans cet ordre de grandeur.

Le fait que ces documents ne comportent pas de tolérance implique aussi que l'entreprise dispose d'un devoir de conseil auprès de ses clients en indiquant la précision de la méthode de levé utilisée mais aussi en précisant l'analyse effectuée ayant abouti à la classification du parc de stationnement. L'objectif de cette étude est de prendre connaissance des différentes spécificités des normes afin de mettre en place une méthode d'acquisition et de report permettant le levé des marquages, des voiries ainsi que l'ensemble des éléments nécessaires à la classification du parc de stationnement. Actuellement, le classement des places est effectué de manière traditionnelle en mesurant individuellement chaque emplacement. L'objectif de ce travail est aussi de proposer une automatisation des calculs, ce qui permettrait d'optimiser la chaîne de production.

Dans un premier lieu, nous aborderons les deux textes de cette étude, les normes NF P91-100 et NF P91-120 afin de mieux comprendre les objectifs, les limites et les différences entre ces deux documents. Ensuite, nous traiterons des différents moyens de mesures et de rendus qui sont actuellement mis en place par l'entreprise afin de lever ce type de structure, c'est-à-dire leurs avantages mais aussi leurs défauts. Puis, nous verrons l'élaboration d'une méthodologie de levé et de classement. Enfin, nous verrons la mise en place du processus d'automatisation.

I Les Normes NF P91-100 et NF P91-120

I.1 Qu'est-ce qu'une norme ?

I.1.1 L'AFNOR

En France, les normes sont mises en place et coordonnées par l'AFNOR. Il s'agit d'un groupe français issu de la fusion de deux associations : l'AFNOR et l'AFAQ. Son objectif est de mettre en place des pratiques efficaces qui apporteront un bénéfice à l'ensemble des personnes concernées. Au fil des années, l'AFNOR a développé un certain nombre de missions complémentaires à cette activité. C'est notamment elle qui va constituer l'information et la promotion de son travail, ce qui passe par une publication de l'ensemble de ses normes tout en lui assurant une source de revenus. En complément de cela, elle assure aussi des prestations de services en matière de certification, que ce soit en termes de délivrance ou d'accompagnement des entreprises. Parmi ces différentes certifications, nous pouvons citer les certifications NF, AFAQ et écolabel européen.

I.1.2 Les différents types de normes

I.1.2.1 Les normes volontaires

La rédaction d'une norme passe tout d'abord par une volonté des différents acteurs présents sur un marché donné. Ce sont eux qui vont déclencher le processus qui va amener à la création d'une norme volontaire. Celle-ci est établie sur le principe du consensus ce qui permet de servir l'intérêt général. On parle de norme volontaire car elle est issue de la volonté des personnes concernées par son objet, mais aussi parce que son application n'est pas obligatoire. L'objectif de ce type de document est donc de donner un cadre sur un secteur précis en fournissant un ensemble de prescriptions.

I.1.2.2 Les normes obligatoires

Il est important de noter que toutes les normes ne sont pas des normes volontaires, il en existe aussi dont leur application est obligatoire. Selon les chiffres donnés par l'AFNOR, celles-ci représentent 1 % de l'ensemble des normes existantes, ce qui correspond à 336 textes, et sont consultables gratuitement comme l'indique le décret n°2009-697 du 16 juin 2009 relatif à la normalisation.

L'administration dispose de plusieurs moyens pour faire référence à une norme obligatoire : soit par le biais de textes réglementaires ou alors, par le biais de réglementations techniques dans lesquelles la norme est indiquée clairement. La réglementation peut aussi prévoir une présomption de conformité sur une partie de la norme ou sur son ensemble. Lorsque nous sommes dans ce cas de figure, le texte réglementaire va préciser d'autres moyens qui vont permettre de contourner la norme. Les personnes concernées pourront donc alors choisir d'utiliser soit la norme, soit les autres moyens qui seront à leur disposition.

I.1.3 Nomenclatures

Les normes, présentent toutes un libellé qui la caractérise et permet de déterminer un certain nombre de paramètres s'appliquant à ce document et permettant de définir :

- L'organisme d'origine de la norme.
- La zone géographique où la norme a vocation à s'appliquer. Cela nous permet de définir si la norme est spécifique à un pays, cela ne veut donc pas dire que la norme est d'application obligatoire. Il existe ainsi un certain nombre de préfixes applicables comme ISO, qui signifie que la norme est reconnue par l'Organisation internationale de normalisation et EN pour le CEN (Comité Européen de normalisation). Lorsqu'une norme est adoptée par le CEN, celle-ci est obligatoirement reprise à l'échelle nationale par les organismes de normalisation des pays membres. Ainsi, en France, une norme européenne EN XXXX sera reprise en France sous la référence NF EN XXXX. Lorsqu'une norme est reprise par plusieurs organismes, son libellé comprendra l'ensemble des préfixes des organismes dans l'ordre croissant des périmètres. Dans le cas de la France, ce sera NF (Pays), puis EN (Europe) et enfin ISO (International).
- Le type de document, qui permet de différencier les normes d'autres documents. Dans ce cas, dans le libellé, nous aurons la présence d'un autre préfixe. Par exemple, nous avons PR qui signifie PROjet de norme.
- D'autres considérations liées à un amendement, une date de validation, une partie de norme ou encore un correctif.

I.1.4 Caractères des normes NF P 91-100 et NF P 91-120

Dans notre cas, nous allons étudier les normes NF P91-100 et NF P91-120. Il s'agit donc de normes appliquées seulement en France et dont les applications ne sont pas obligatoires. La conformité des parcs de stationnement avec cette norme ne sera obligatoire qu'en fonction de la volonté du maître d'ouvrage. Pour adopter la norme, celui-ci doit y faire référence dans les documents du marché et il ne pourra pas se prévaloir de son application en cas de silence. Ainsi, dans le cas des parcs de stationnement, si rien n'est inscrit dans les documents, seules certaines dispositions réglementaires devront être respectées¹. Lorsque le contrat mentionne la norme mais que celui-ci fait l'objet de dispositions contractuelles qui seraient en inadéquation avec elle, alors les parties pourront déroger à la norme car celle-ci n'a pas de valeur obligatoire.

I.2 Comparaison des normes

I.2.1 Les catégories d'emplacements

L'une des principales différences entre ces normes concerne la détermination des catégories d'emplacements. Dans chacun de ces documents sont définies des caractéristiques correspondant respectivement aux emplacements de références ainsi qu'aux emplacements réduits. Ces derniers admettent, par la configuration des lieux, une réduction de leurs dimensions. La norme NF P91-100 définit trois catégories d'emplacements. La première (catégorie 1) correspond aux emplacements de référence, c'est-à-dire aux emplacements qui n'admettent pas de réduction de leurs dimensions. Leur proportion doit être au minimum de 80% de la capacité totale du parc. Les dimensions de ces emplacements dépendent du type de stationnement (bataille, épi, créneau) ainsi que de la présence d'éventuels obstacles. Pour un emplacement en bataille sans obstacle, les dimensions doivent être de 2,30 m en largeur et de 5,00 m en longueur. Nous avons ensuite deux types d'emplacements réduits, les catégories 2 et 3. Chacune doit avoir une proportion maximale de 10% de la capacité totale de la structure de stationnement. Un emplacement est considéré comme étant dans l'une de ces deux catégories si celui-ci rentre dans les spécifications du tableau 1.

¹ Voir annexe 1

Catégorie de l'emplacement	Caractéristique liée à un emplacement	Réduction maximale admise (cm)
2	Largeur de l'emplacement	10
	ou Longueur de l'emplacement plus largeur de la voie	50
	Largeur de l'emplacement lors de la présence un obstacle	10
3	Largeur	10
	ou Longueur de l'emplacement plus largeur de la voie	150
	Largeur de l'emplacement lors de la présence un obstacle	20

Tableau 1 : Caractéristiques des emplacements réduits pour la norme NF P 91-100

La norme NF P91-120 détermine quant à elle deux catégories d'emplacements de stationnement : les emplacements de référence (classe A) devant représenter une proportion minimale de 90% de la capacité totale du parc de stationnement, ainsi que les emplacements de classe B, de dimensions réduites admettant une réduction selon trois hypothèses :

- Une diminution de la largeur de 0,20 m
- Une réduction de la longueur de 1,00 m
- Une réduction de la longueur de l'emplacement sommée à la largeur de la voie de 1,00 m.

Ces deux dernières hypothèses peuvent sembler redondantes mais celles-ci permettent de garantir une dimension minimale de la place en restreignant la possibilité des constructeurs.

Pour chacun de ces deux documents, si un emplacement possède des dimensions liées à différentes catégories, alors celui-ci est considéré comme étant de la catégorie de sa dimension la plus restrictive. Par exemple, dans le cas de la norme NF P91-100, si la largeur d'un emplacement correspond à la catégorie 1 et sa longueur à la catégorie 3, alors celui-ci sera considéré comme étant de catégorie 3 car elle est moins contraignante. Si un emplacement n'est ni de catégorie réduite, ni de catégorie de référence alors celui-ci est considéré comme étant hors catégorie et ne sera pas considéré comme un emplacement de stationnement.

I.2.2 Délimitation des emplacements et gestion des obstacles

Nous pouvons voir que ces documents présentent aussi des différenciations au niveau de la délimitation des emplacements des stationnements comme nous pouvons le voir dans la figure 1.

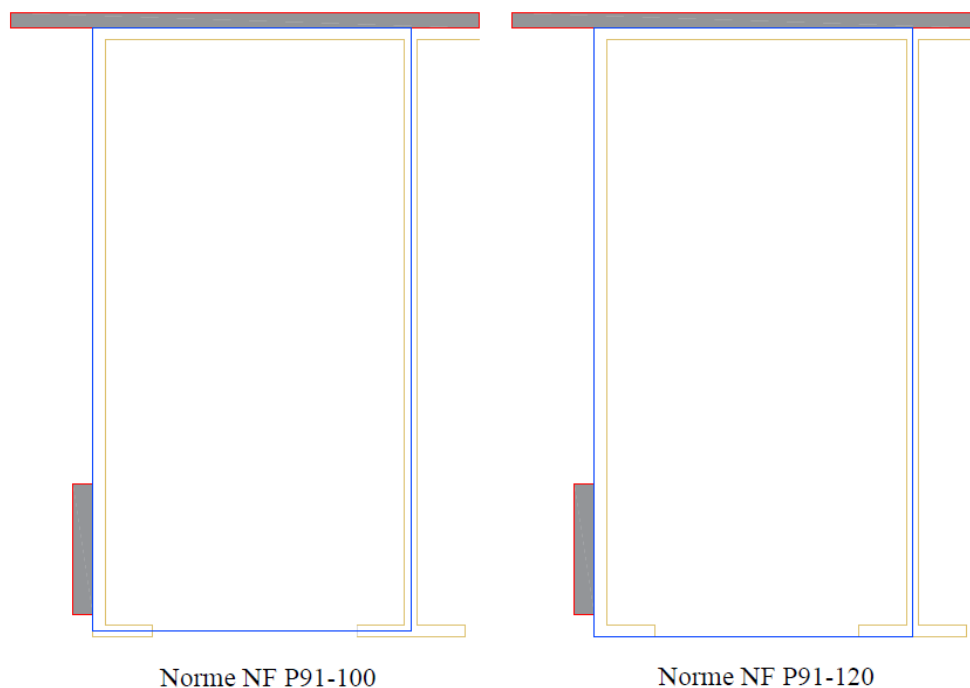


Figure 1: Délimitation des emplacements en fonction de la norme de référence

Dans chacune de ces normes, les nus des poteaux ainsi que les parois sont considérés comme une limite de la place de stationnement. La différence entre ces deux documents se situe au niveau de la gestion des bandes au sol permettant la matérialisation de l'emplacement comme nous pouvons le voir dans la figure 1. Pour la norme NF P91-100, les dimensions de l'emplacement sont toujours comptées à partir de l'axe des bandes tandis que dans la norme NF P91-120, il est nécessaire de regarder le rôle de ces bandes.

Si celles-ci ont pour but de séparer des emplacements de stationnement entre eux, la limite de l'emplacement sera considérée comme étant à l'axe. En revanche, si la bande a pour but de délimiter l'emplacement avec une autre zone (comme une zone de circulation), alors la dimension de l'emplacement sera comptée à partir de l'extérieur, c'est-à-dire la partie de la bande juxtaposée à l'autre zone. Les bandes des emplacements de stationnement faisant en général une dizaine de centimètres, ces préconisations impactent donc fortement le calcul des emplacements entre les différentes normes et il est nécessaire de faire très attention à cela afin d'opérer une classification correcte.

La gestion des tailles des voies ainsi que des emplacements en fonction de l'angle de rangement est le même pour les deux normes. Nous pouvons prendre pour exemple les emplacements en créneau comme nous pouvons le voir dans la figure 2.

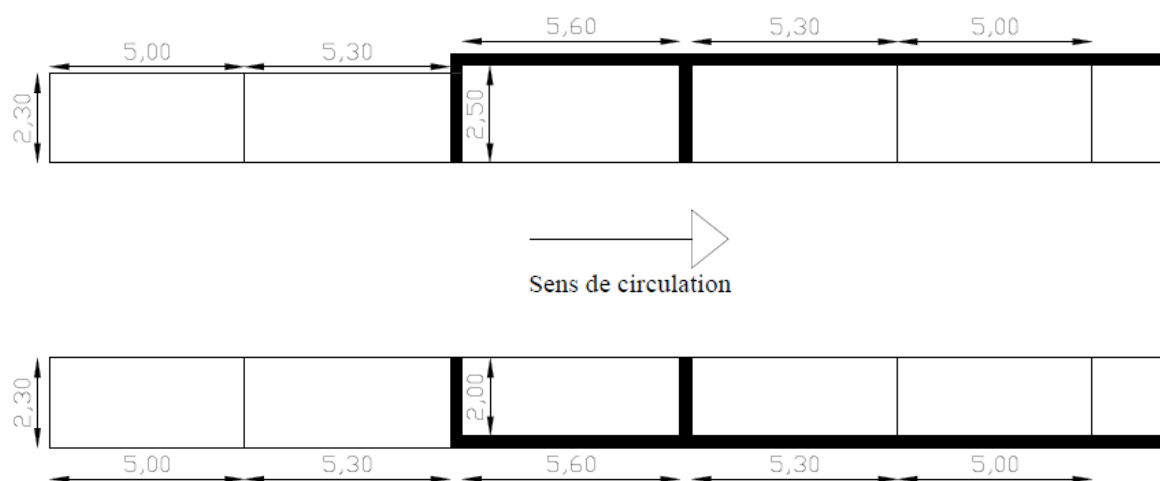


Figure 2: Gestion des emplacements en créneaux

Nous pouvons observer une distinction entre les documents au niveau de la gestion des obstacles pour les emplacements en bataille. La norme NF P91-120 intègre les obstacles se situant à moins de 25 cm de la voie de circulation, comme nous pouvons le voir dans le tableau 2. De plus, les modalités d'augmentation de la largeur de la place à 2,60 m sont aussi différentes.

Norme concernée	Retrait de l'obstacle (R) par rapport à la voie de desserte	Largeur de la place (m)
NF P91-120	$0,00 \text{ m} < R < 0,25 \text{ m}$	2,50
NF P91-100 et NF P91-120	$0,25 \text{ m} \leq R < 0,40 \text{ m}$	2,45
NF P91-100 et NF P91-120	$0,40 \text{ m} \leq R < 0,65 \text{ m}$	2,40
NF P91-100 et NF P91-120	$0,65 \text{ m} \leq R < 1,10 \text{ m}$	2,30

Tableau 2 : Largeur de la place en fonction de l'obstacle

I.2.3 Voie et rampes d'accès

Les accès des stationnements sont plutôt similaires entre les documents. La norme NF P91-100 indique cependant une disposition supplémentaire : si la voie dessert plus de 20 emplacements, alors la largeur de la voie doit être augmentée de 20 %. Autre spécificité de ce document, celui-ci nous indique aussi les caractéristiques des voies de circulation, les rampes ainsi que la pente des planchers dans les zones de péage. Cela n'a pas lieu d'être dans la norme NF P91-120 puisque ces zones sont inexistantes dans le cadre de parcs de stationnement à usage privé.

Pour les rampes, le mode de calcul est lui aussi différent. Dans les deux cas, la pente maximale de la rampe est de 18 %. La différence se situe au niveau de la mesure. Pour la norme NFP 91-120, celle-ci s'effectue sur l'axe de la rampe. En revanche, pour la norme NF P91-100, une distinction est à opérer sur le type de rampe. La mesure doit être faite à l'axe pour les rampes droites et les rampes courbes en sens unique tandis qu'elle s'effectuera à l'axe de la voie intérieure de circulation en cas de double sens de circulation.

Leurs dimensionnements s'effectuent aussi différemment puisqu'un abaque permettant de déterminer les dimensions minimales de la rampe en fonction de la pente est présent dans la norme NFP 91-120, alors que la norme NF P91-100 nous indique seulement les dimensions minimales, ce qui laisse donc plus de liberté dans le choix du dimensionnement de ce type d'objet.

Les valeurs données pour les hauteurs d'emplacement sont les mêmes pour ces deux documents et sont au minimum de 2,20 m et de 2,00 m sous obstacle. Nous pouvons cependant remarquer que des gabarits de fond d'emplacement existent et visent à aménager des facilités pour le constructeur en dérogeant aux hauteurs précédemment indiquées. Nous pouvons observer que ces gabarits sont très différents entre les documents comme l'indiquent les figures 3 et 4. La norme NF P91-100 est plus contraignante pour les constructeurs puisque le gabarit ne s'applique que pour des emplacements de référence et est limité à 40 % de la proportion du parc de stationnement. De plus, il ne s'applique que pour les emplacements en bataille ou en épi alors que la norme NF P91-120 présente des aménagements pour tous les types d'emplacement, sans limitation liée à la proportion ainsi qu'à la classe d'appartenance. Cette limitation présente dans la norme NF P91-100 peut s'expliquer en partie par le fait que le gabarit proposé par la norme est particulièrement contraignant pour l'utilisateur et que ce type de structure est destiné à accueillir du public.

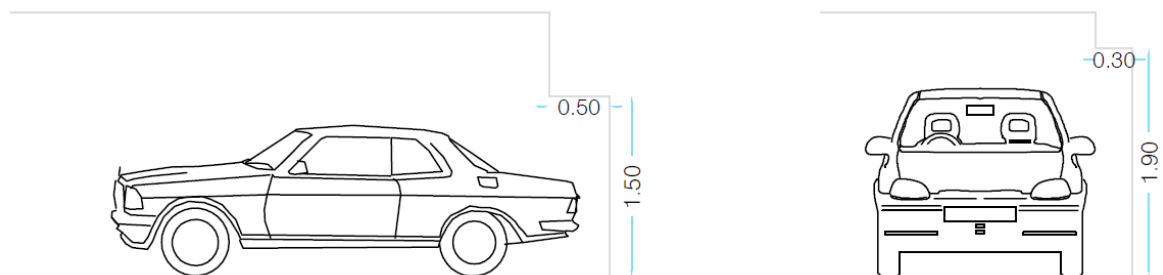


Figure 3: Gabarits de fond d'emplacement pour les stationnements en bataille (gauche) et en créneau (droite) pour la norme NF P91-120

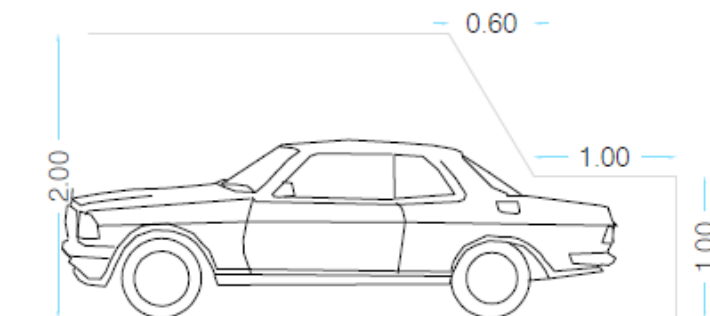


Figure 4: Gabarit de fond d'emplacement pour des stationnements en bataille selon la norme NF P91-100

En ce qui concerne les raccordements des rampes avec les voies de circulation, les dimensions indiquées par les deux normes sont identiques. Les deux documents nous indiquent que les 4 premiers mètres de la rampe doivent avoir une pente maximale de 5 % comme nous le montre la figure 5. Cette disposition n'inclut pas les trémies sur trottoir qui sont uniquement présentes dans la norme NF P90-100.

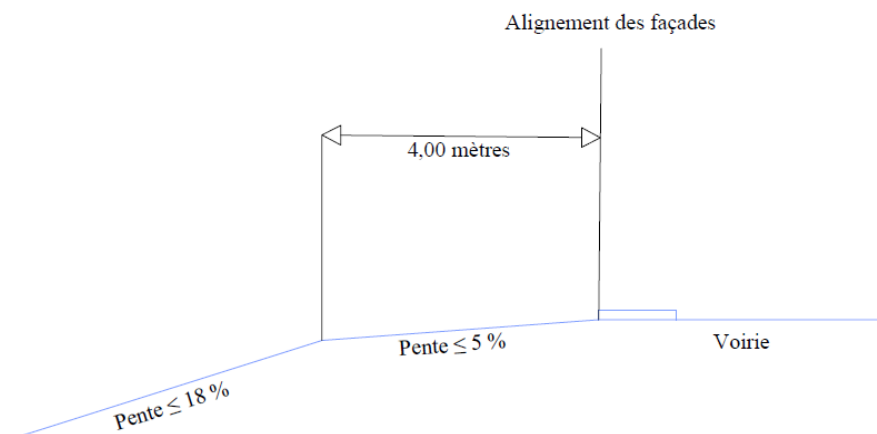


Figure 5 : Débouché de voirie pour les normes NF P91-100 et NF P91-120

I.3 Limites des normes

Tout d'abord, ces normes ont été conçues pour des « véhicules légers de moins de 3,5 t et de 1,90 m de haut » comme nous l'indique la norme NF P91-100. L'objectif était de s'adapter au parc automobile européen de l'époque. Depuis les années 90, nous pouvons observer une augmentation moyenne de la largeur des véhicules de 10 cm et une augmentation de leur longueur de 12 cm. Ainsi, les dimensions dictées semblent moins adaptées que lors de leur création, notamment au regard du confort des usagers lors de la réalisation des manœuvres de stationnement. Cela est mis en valeur par les différents gabarits qui ne semblent pas adaptés pour les usages de la vie courante, ce qui impacte l'utilisateur.

De plus, cette norme ne présente aucune tolérance. C'est-à-dire que pour respecter la norme, les dimensions doivent être strictement respectées. Cependant, il est impossible de garantir l'exactitude d'une mesure. En effet, celle-ci présente une certaine source d'imprécision plus ou moins grande en fonction de l'appareil utilisé. Aujourd'hui, l'entreprise présente ses résultats arrondis au centimètre (arrondi au supérieur à plus de 5 mm inclus), tout comme l'ensemble des valeurs données par la norme.

Autre limite de ces normes, le fait qu'il soit nécessaire d'interpoler les valeurs pour des angles de rangement qui ne sont pas présents dans les normes. En effet, aucune méthode n'est clairement indiquée pour effectuer cette interpolation. Lorsque l'on regarde les valeurs présentes dans chacun de ces documents, nous pouvons remarquer que l'évolution des valeurs ne varie pas de manière uniforme, c'est-à-dire que chaque caractéristique décrite n'évolue pas selon le même modèle.

Le cas des trémies (accès permettant le passage entre la partie souterraine et la surface) est lui aussi assez peu explicité par la norme, notamment en matière de rugosité puisque la norme prévoit seulement le terme « adapté ». Cependant, aucune autre indication n'est donnée et nous pouvons nous demander à partir de quelle limite nous pouvons considérer qu'un sol est rugueux. De même, nous ne savons pas comment la mesure doit être effectuée et avec quelle preuve car il semble difficile pour un géomètre d'évaluer la rugosité d'un sol. Un référencement à d'autres documents complémentaires est donc nécessaire. Nous pouvons remarquer une disposition assez similaire concernant les régions à fort enneigement. La norme indique que des mesures particulières sont à prévoir mais celles-ci ne sont pas clairement énoncées. Ces mesures peuvent être indiquées par d'autres documents techniques ou encore par les PLU des communes concernées.

Nous pouvons aussi nous questionner sur les parcs de stationnement pris en compte par ces différentes normes. La norme NF P91-120 nous indique que celle-ci « ne s'applique pas au rangement automatique, ni aux ascenseurs et aux emplacements destinés à recevoir des équipements mécaniques ». Un parc de stationnement automatisé est une structure effectuant les stationnements de manière automatique, sans intervention humaine. Aucune norme n'existe concernant les parcs de stationnement automatisés ou à changement de niveau par ascenseur. La norme ayant pour but de garantir le confort des usagers lors des opérations de manœuvre, l'application de ce document semble cohérente dans le cas de parcs de stationnement avec ascenseur car celui-ci effectue seulement le changement de niveau et non pas le stationnement en lui-même. De plus, ce document présentant un caractère volontaire, il est possible de modifier son champ d'application aux parcs de stationnement avec ascenseur en le précisant dans le contrat.

Enfin, ces documents ne précisent pas s'ils sont applicables aux parcs de stationnement ouverts. Si l'on se réfère à la circulaire en vigueur du 3 mars 1975 relative aux parcs de stationnement couverts, il est indiqué que « un parc de stationnement est un emplacement qui permet le remisage des véhicules automobiles et de leurs remorques en dehors de la voie publique, à l'exclusion de toute autre activité ». Ces normes étant applicables aux parcs de stationnement, nous pouvons en déduire qu'elles peuvent être utilisables dès lors que cela n'est pas spécifié clairement dans la norme comme par exemple les parcs de stationnement à usage automatique.

Ces normes possèdent donc un certain nombre de points communs et de différences qui font qu'il est nécessaire de différencier le levé mais aussi la démarche d'analyse à effectuer. De plus, l'ancienneté de ces documents font que certaines dispositions ne semblent pas cohérentes ou adaptées. Un certain nombre d'éléments doivent donc être précisés. Le levé est très important car il s'agit de la base à partir de laquelle le classement sera effectué. Il est donc nécessaire de définir les méthodes à employer et de déterminer lesquelles seront les plus adaptées.

II Présentation des méthodologies d'acquisition et de report

II.1 Objectifs

L'objectif de cette partie est, d'une part, de déterminer si l'utilisation des différentes méthodes permet l'obtention d'une précision suffisante, mais aussi d'évaluer les avantages et les inconvénients de chacune des méthodes utilisées.

L'entreprise, lors de la vérification de conformité des parcs de stationnement par la norme, garantit ses mesures avec une incertitude de 1 cm. D'après les données constructeurs, les précisions des appareils semblent être acceptables pour ce type de travail. Cependant, si les différents biais liés à la mesure avec une station totale sont estimables et inférieurs à la précision souhaitée par l'entreprise, cela n'est pas forcément le cas avec le scanner laser 3D car une connaissance de la conception des appareils et des algorithmes utilisés est nécessaire. En effet, selon Vincent Barras et al. (2013), nous pouvons voir que les paramètres intervenant dans l'appréciation de la précision sont nombreux et que les documents fournis par les constructeurs ne sont pas suffisants pour connaître ce biais.

Afin de pouvoir déterminer les précisions attendues lors d'un levé au scanner, il est intéressant de se référer à des travaux existants. En effet, de nombreux travaux scientifiques ont été réalisés sur cette technologie. Damien Tamagnan et Martin Beth (2012), ont montré que le scanner laser était utilisable pour l'auscultation d'ouvrage en fonction d'un certain nombre de paramètres comme la distance, la résolution ou l'inclinaison de l'appareil et qu'une précision inférieure au centimètre pouvait être obtenue. Il est important de nuancer cette affirmation par le fait que la qualité du résultat obtenu va être influencée par l'objet en lui-même ainsi que les différents types de matériaux le composant.

Pour estimer la qualité des mesures effectuées, nous allons comparer la réalisation d'un plan d'un parc de stationnement réalisé respectivement avec une station totale, un scanner ainsi qu'un distancemètre. Le levé s'est déroulé à l'intérieur du parc de stationnement de l'entreprise. Celui-ci est assez usé et possède de nombreuses caractéristiques intéressantes pour l'application de la norme NF P91-120 comme la présence de piliers et de parois, qui constituent ainsi de nombreux obstacles.

L'ensemble du parc de stationnement n'a pas été levé puisque celui-ci est assez grand et la réalisation de ce type de travail sur son ensemble n'aurait pas été pertinente. De plus, il est important de noter que le parking était occupé lors du relevé, ce qui a permis d'apercevoir les difficultés que l'on peut rencontrer et qui sont liées à cette occupation.

II.2 La station totale et le distancemètre

Ce levé consiste en la réalisation d'un cheminement avec la station totale à l'intérieur du parc de stationnement permettant de lever un maximum d'éléments. Des mesures au distancemètre permettent ensuite de compléter le levé et de mesurer ce qui n'est pas visible depuis les différentes stations car la tachéométrie peut être difficile à mettre en œuvre lorsque l'on rencontre de petits espaces (Mill et al., 2013). Dans cette partie seront traités la station totale ainsi que le distancemètre car il s'agit de mode de mesures complémentaires.

II.2.1 Opérations de levé et de dessin

II.2.1.1 La combinaison station totale et distancemètre

Le levé à la station totale a été effectué à l'aide de la station TM50 de chez Leica. Il s'agit d'une station motorisée, à la différence des autres appareils de l'entreprise. Pour ce levé, 6 stations ont été nécessaires et des mesures prises au distancemètre sont venues le compléter. Celles-ci correspondent aux points non observables depuis les stations, à la détermination ponctuelle des hauteurs ainsi qu'à la prise des différentes cotes liées au contrôle du levé. Aucune difficulté particulière n'a été rencontrée.

En ce qui concerne les opérations de traitement, celles-ci ont consisté au calcul de points sur Covadis, à leur import dans AutoCad et enfin à la création des objets manquants (avec le distancemètre ou par intersection des mesures réalisées).

II.2.1.2 Levé réalisé uniquement au distancemètre

Ce type de levé consiste à mesurer au distancemètre les différents éléments du parc de stationnement. La réalisation d'un croquis est nécessaire puisque celui-ci comportera l'ensemble des mesures effectuées.

Il faut faire attention à ce que l'ensemble des éléments du parc de stationnement soient dessinables par la suite sur AutoCad, cela se traduit par la prise d'un nombre de mesures important, ce qui va nous permettre par la suite de consolider notre dessin.

II.2.2 Bilan de l'utilisation de ces méthodes

II.2.2.1 Avantage

Un des principaux avantages de ces méthodes est le temps passé sur le terrain lors de la phase de lever. En effet, les mises en stations ne prennent pas beaucoup de temps et les opérations à réaliser sont le levé des différents points qui permettront de classer par la suite les emplacements de stationnement (murs, limites des stationnements, sol et plafond). Afin d'illustrer cela, nous pouvons prendre l'exemple des hauteurs. Pour un parc de stationnement, celles-ci doivent être de 2,20 m et de 2,00 m sous obstacle. Ainsi, si l'on réalise qu'un obstacle est situé à plus de 2,00 m, cela ne sert à rien de le lever puisqu'il n'aura pas d'influence sur le classement du parking.

Un autre avantage de la station totale est la rapidité du temps de traitement et de calcul du levé une fois de retour au bureau. La codification permet d'accélérer grandement le temps de traitement car de nombreux traits sont déjà créés et appartiennent au bon calque, ce qui permet de dégager très rapidement la structure du parc de stationnement ainsi que les emplacements comme nous pouvons le voir dans la figure 6 (les murs et piliers sont représentés en rouge et les emplacements de stationnement en bleu).

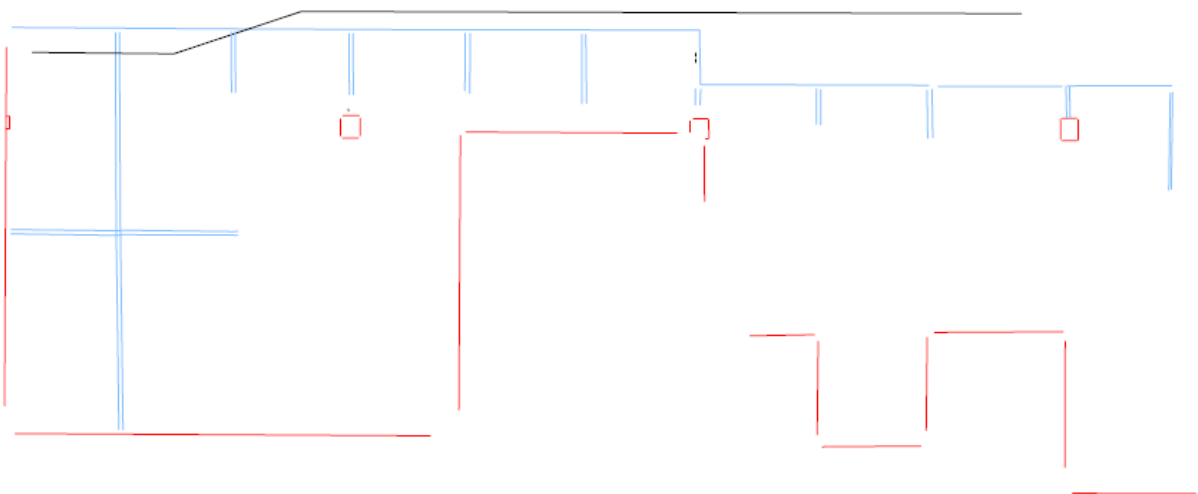


Figure 6 : Extrait d'une ébauche de plan obtenu grâce à la codification

L'utilisation du distancemètre peut aussi être considéré comme un avantage car il s'agit du type de mesure qui peut être réalisé par le demandeur. Ce type de matériel étant facile d'accès, c'est avec ce type d'outil que le client vérifiera le dimensionnement de son parc de stationnement si celui-ci n'est pas conforme. L'entreprise donnant ses résultats arrondis au centimètre, nous pouvons considérer que les mesures réalisées seront identiques car, même s'il est impossible de mesurer exactement deux longueurs de la même manière au distancemètre (du fait par exemple d'une inclinaison légèrement différente ou par la hauteur de la mesure, ce qui peut légèrement influencer sur le résultat), la réalisation d'un arrondi va pallier cela. Ainsi, la contestation du travail réalisé ne sera pas possible sauf erreur. Il faut tout de même nuancer cet aspect puisque, dans le cas où le demandeur sera présent lors du levé, celui-ci peut le perturber en contestant directement sur le terrain ce qui a été réalisé par l'entreprise en cas de désaccord.

II.2.2.2 Inconvénients

Un contrôle permanent de son travail sur le terrain est nécessaire afin de ne pas oublier d'éléments importants pour la classification des emplacements de stationnement. Ainsi, la personne qui effectue le levé doit avoir une connaissance minimale de la norme. En effet, s'il manque des éléments, il faudra alors retourner sur le terrain pour prendre des mesures complémentaires, ce qui peut vite être couteux pour l'entreprise. De plus, la personne qui aura réalisé le levé devra aussi effectuer le report car c'est elle qui aura le plus de facilité pour interpréter ce qui a été réalisé, ce qui implique une contrainte de gestion dans le planning de l'entreprise, particulièrement dans les périodes où la demande est forte.

La mesure de certains éléments nécessaires à la vérification de la norme comme par exemple la mesure des hauteurs peut s'avérer difficile. Lors d'un levé à la station totale ou au distancemètre, la prise des hauteurs ne peut s'effectuer que de manière ponctuelle. Lorsque la hauteur est largement supérieure à ce qui est indiqué dans la norme, cela ne pose aucun problème, car connaître la hauteur de chaque point du parc de stationnement entraînerait une surcharge de données qui ne serait pas représentable sur un plan. En revanche, lorsque la hauteur d'un niveau est à la limite de ce qui est préconisé dans la norme, cette méthode de mesure semble peu adaptée car il est impossible de connaître avec exactitude la hauteur en chaque point. La réalisation d'une application stricte de la norme semble donc difficile à mettre en place.

Aussi, nous pouvons noter le fait que les vérifications effectuées au distancemètre doivent être faites avec la plus grande précaution possible. Cette méthode nécessite une rigueur très importante à la fois sur le terrain mais aussi lors du report graphique comme nous l'indique Hélène Macher (2017). Il peut alors être compliqué de choisir entre les différentes valeurs car celles-ci sont censées représenter la même longueur. Pour pallier cela, la meilleure solution serait donc d'envoyer une personne sur le terrain pour effectuer une nouvelle mesure dans la zone présentant le litige, mais ce genre d'opération est couteux en temps. Il s'agit d'une limite très importante de cette méthode de mesure puisqu'il est nécessaire de savoir combien mesure exactement chaque objet, à la fois d'un point de vue de la norme, mais aussi du point de vue professionnel vis-à-vis du client. Cela pourrait entraîner des litiges, particulièrement lorsque les enjeux financiers sont forts.

Aussi, la modélisation de certains éléments avec le distancemètre induit qu'il faut prendre un nombre important de mesures afin de consolider notre dessin sur AutoCad. Cela peut donner lieu à des incertitudes car l'ensemble des mesures peuvent présenter des imprécisions, même minimes, et induire des écarts avec la réalité.

II.3 Le scanner laser 3D

II.3.1 Phase lever

Le levé 3D a été réalisé à l'aide du scanner Faro X130 de l'entreprise. La pose de cible n'a pas été nécessaire puisque l'assemblage du nuage de points a été effectué à l'aide de la méthode nuage/nuage. Aucun problème particulier n'a été rencontré lors de la réalisation de ce test.

Celui-ci m'a permis de découvrir la phase traitement liée à la l'utilisation du scanner. L'entreprise possède différents types de scanner, ce qui influe à la fois sur la phase lever et sur la phase traitement (le pré-alignement des nuages est calculé en temps réel sur le terrain si l'on utilise le RTC 360). J'ai notamment pu utiliser ces deux appareils pendant la durée de mon TFE. Comme les appareils ne sont pas toujours disponibles en fonction de leurs répartitions dans l'entreprise, le traitement lié à l'appareil le plus chronophage sera donc présenté.

II.3.2 Phase traitement

II.3.2.1 Déroulement

Le report des mesures est très important puisque de nombreux paramètres sont à vérifier afin d'obtenir les meilleures précisions possibles. L'une des premières choses à réaliser est un pré-assemblage en antenne en liant les différents scans afin d'obtenir une base. La qualité des liens est estimée par le biais d'indicateurs comme par exemple la moyenne absolue des écarts ou encore l'histogramme des résidus. Il est important de noter que l'ensemble des points ne sont pas pris en compte dans ce calcul car celui-ci s'effectue avec environ 5 % du nombre de points total (cela représente environ 550 000 points pour un scan réalisé en intérieur). L'objectif est de limiter les antennes et de réaliser le plus de boucles possibles dans notre assemblage afin de consolider et contraindre notre nuage, ce qui permet de diminuer la dérive du scanner. Une fois cela effectué, il faut ensuite optimiser le projet. Le logiciel nous donne des indications pour estimer la qualité de notre travail comme le recouvrement (points communs entre les nuages), la force (la géométrie commune entre les nuages), l'erreur nuage/nuage (écart entre les points des scans) ainsi que l'erreur de cible (écart entre les cibles communes). Le géoréférencement du nuage est possible et s'effectue à l'aide de cibles. Lorsque cela est terminé, il faut vérifier que le nuage est cohérent avant de le nettoyer et de l'exporter. Ces étapes peuvent prendre beaucoup de temps, principalement lorsque le relevé comporte beaucoup de stations. Ensuite, il faut unifier et décimer le nuage, avant de pouvoir dessiner les plans avec l'aide de CloudWorx et AutoCad.

II.3.2.2 Possibilité d'erreurs liées au traitement

Durant la phase d'assemblage, il est important d'apporter un avis critique sur le travail effectué. En effet, il est possible que certains appariements ne soient pas adaptés, ce qui entraîne une erreur. La réalisation de quelques liens aberrants entre les scans a eu pour effet de diminuer le taux de recouvrement (passant de 48 à 46%) et la force (qui est passée de 58 à 56 %). Cependant, ces chiffres (après diminution), sont considérés comme corrects pour l'assemblage d'un nuage de points mais, en regardant de plus près le nuage, nous pouvons voir un dédoublement des murs au niveau des stations où les liens incorrects ont été créés.

Le logiciel peut donc parfois indiquer des statistiques considérées comme bonnes alors que nous pouvons voir visuellement que quelque chose ne va pas. Le problème existe aussi dans le sens inverse et peut occasionner des erreurs sur le rendu si un contrôle n'est pas effectué.

II.3.3 Bilan lié à l'utilisation du scanner

II.3.3.1 Atout d'un levé au scanner

L'un des premiers avantages est l'exhaustivité des données que l'on obtient à la suite d'un levé. De plus, la personne qui effectue le levé n'a pas besoin de connaître les normes sur les parcs de stationnements puisque la connaissance des éléments à lever n'est pas nécessaire. En revanche, la personne qui dessinera le plan devra obligatoirement en avoir connaissance puisqu'elle devra identifier les éléments importants sur le nuage de points et les retranscrire afin d'opérer au classement.

Le scanner est facilement transportable et peut mesurer facilement les recoins qui ne seraient pas accessibles avec la station totale. Des mesures prises avec un distancemètre permettent de vérifier le travail réalisé et peuvent faire office de complément au levé.

La réalisation d'un levé au scanner peut aussi être intéressant dans le cas où d'autres éléments sont attendus par un client comme par exemple une maquette. Dans ce cas, cette méthode de levé semble bien plus intéressante du fait de l'exhaustivité des données.

II.3.3.2 Limite de ce type de levé

Une des premières contraintes du scanner est le temps nécessaire au traitement des données. Différentes étapes assez longues sont à réaliser afin d'obtenir un nuage de points complet. Cela peut être un frein à son utilisation, particulièrement lorsque le travail doit être réalisé dans une urgence relative. De plus nous pouvons voir dans la figure 7 que ces étapes ne permettent pas d'obtenir un produit fini car les plans sont encore à dessiner avec l'aide de CloudWorx et AutoCad ce qui peut prendre du temps en fonction de la taille ainsi que des caractéristiques du parc de stationnement.

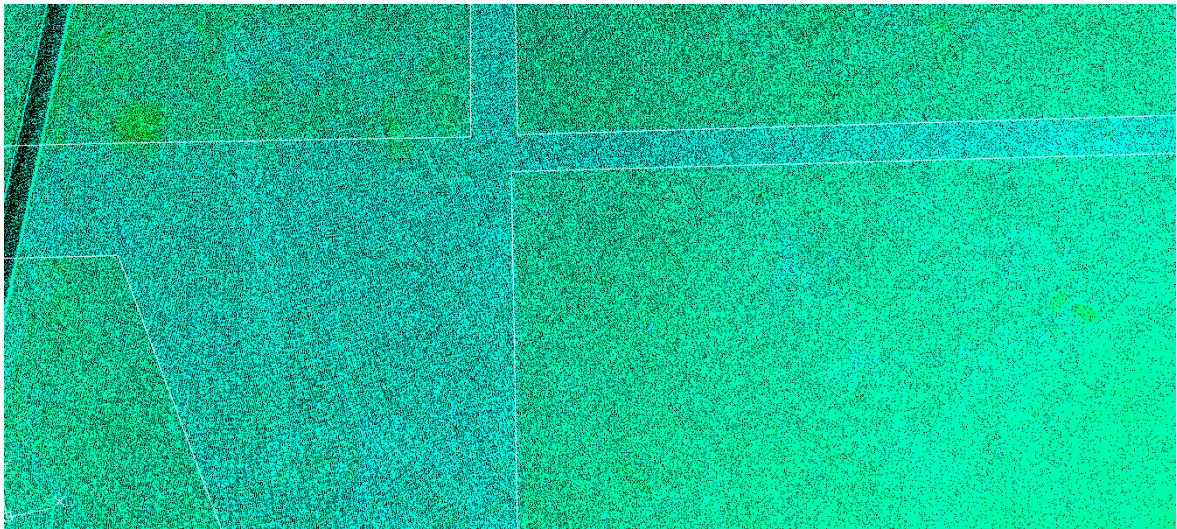


Figure 7: Tracé des bandes sur une coupe d'un nuage de points

Il est important de prendre en compte que les fichiers liés à un nuage de points demandent une station de travail performante et un espace disque suffisant comme le montre le travail d'Hélène Macher (2017). En effet, même si la résolution lors de l'acquisition des données n'est pas très élevée (du fait que la plupart des relevés de parcs de stationnement soient situés en intérieur), le nombre de points et de stations peut tout de même être conséquent. Un nuage de points assemblé, unifié et décimé prendra toujours plus de place qu'une Géobase Covadis. Aussi, le nombre de dossiers nécessitant l'utilisation du scanner est important, le relevé de parcs de stationnement ne constituant pas l'ensemble des activités liés à ce type de levé. Les serveurs de l'entreprise peuvent ainsi devenir rapidement saturés, ce qui constitue une question importante pour l'entreprise puisque le stockage de l'ensemble de ses travaux est une question essentielle.

Le principal défaut d'un levé réalisé au scanner concerne les délimitations des emplacements. En effet, ceux-ci peuvent être difficilement identifiables en fonction de la nature du parc de stationnement comme nous le montre la figure 8.

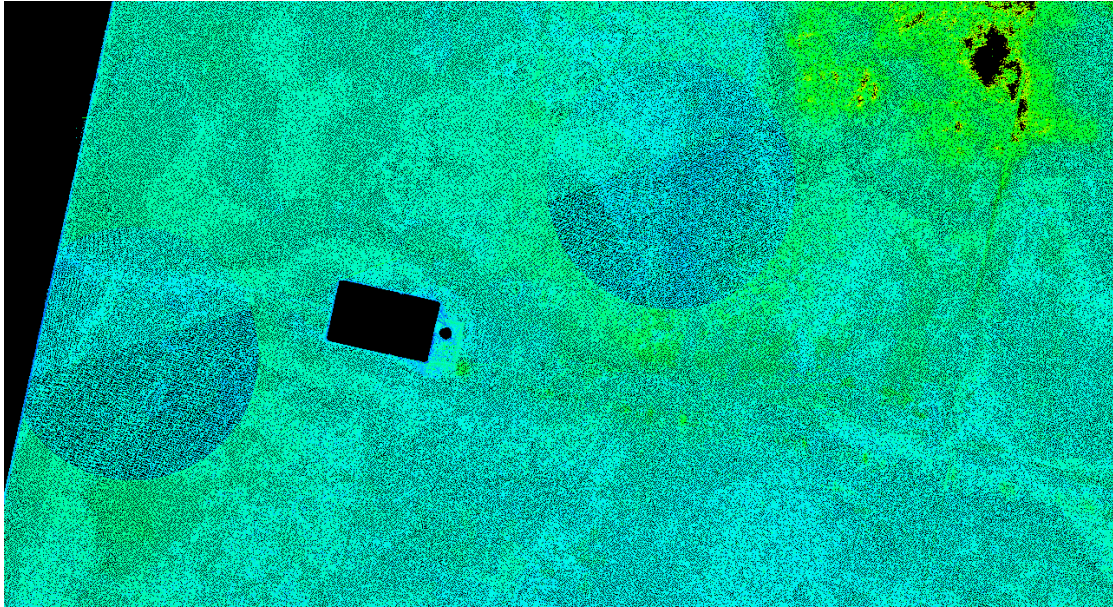


Figure 8: Places de stationnement non dissociables

Tania Landes et Pierre Grussenmeyer (2011) indiquent que c'est l'intensité retour des mesures qui va permettre d'identifier la nature des objets. Elle varie selon l'angle d'incidence, de la distance séparant le scanner et l'objet, de l'albédo, ainsi que de la puissance du scanner. Cette intensité n'est cependant pas comparable entre différents scanners lasers car ce n'est pas une variable étalonnée par les constructeurs. Dans notre cas, nous pouvons remarquer que la réalisation de scans de manière rapprochée favorise la visibilité des marques au sol et augmente donc la précision du tracé. Cela s'explique en partie par l'angle d'incidence des rayons lors de la prise de mesures qui permettent un bon retour de l'information ainsi que par la faible distance séparant le scanner des points, ce qui induit une plus grande densité de points. Cette visibilité peut toutefois changer en fonction d'autres paramètres comme par exemple la présence de couleurs similaires entre le marquage et le sol (par exemple blanc pour le marquage et gris clair pour le sol), ce qui entraîne des valeurs d'albédos proches et ainsi une différenciation difficile. Aussi, le marquage de certains parcs de stationnement est effectué en peinture réfléchissante. Cela constitue ainsi une surface lisse et brillante et un phénomène de réflexion spéculaire peut avoir lieu, ce qui va impacter l'intensité retour du point au niveau du scanner comme nous le montre A. Bajard (2012).

Dans ce cas, il est alors très difficile de différencier la place de stationnement de son marquage. Pour pallier cela, certaines peintures spéciales favorisant la rétro-réflexion peuvent être utilisées.

La prise de photos permettant la colorisation du nuage ne semble pas nécessaire même si celle-ci permet d'apporter une meilleure visibilité, comme nous pouvons le voir dans la figure 9 (la prise de la couleur correspond à l'image de gauche). En effet, il n'est pas possible de tracer les marquages les plus éloignés avec précision du fait de la faible densité de points.

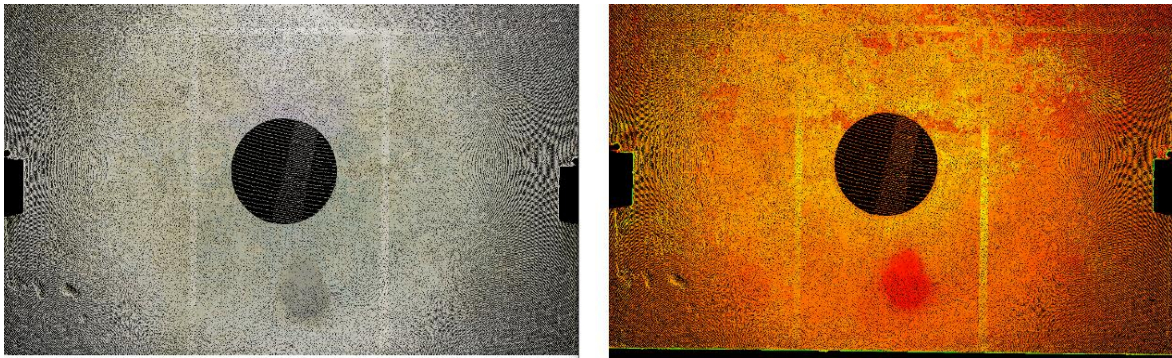


Figure 9: Influence de la prise de photo avec le scanner lors du levé

II.4 Comparaison des méthodes de mesures

II.4.1 Précisions obtenues

II.4.1.1 Comparaison entre la station totale et le scanner laser 3D

Nous pouvons voir que le scanner convient pour réaliser les levés des obstacles ainsi que des parois présentes dans le parc de stationnement car les différents objets présents sont identifiables avec précision. Lorsque l'on compare les plans obtenus avec ces deux méthodes de tracé, nous pouvons voir que les écarts sont de l'ordre du centimètre puisque l'écart moyen est de 0,6 cm et les écarts minimum et maximum sont respectivement de 0,2 et 1,1 cm. Nous pouvons donc observer un léger décalage à certains endroits. Ces différences peuvent s'expliquer par le nombre de points utilisés pour le tracé. En effet, nous avons d'un côté, la station totale, qui permet de tracer des objets avec un nombre de points assez limité (par exemple, pour lever une face d'un pilier, nous avons un point pour chaque extrémité de la face) et de l'autre, nous avons le scanner qui va prendre des centaines de points sur le pilier. Ainsi, le volume de données n'est pas le même et il est logique d'obtenir une légère différence.

II.4.1.2 Comparaison des méthodes de levé avec le distancemètre

Les écarts moyens obtenus entre le plan réalisé avec cette méthode et les autres appareils de l'entreprise sont de 0,8 et 0,6 cm par rapport au scanner et la station totale, ce qui est inférieur au centimètre. Ces différences peuvent notamment s'expliquer par le fait que les points pris lors des mesures peuvent ne pas être identiques, ce qui va entraîner une différence de quelques millimètres. Nous pouvons donc dire que ces deux méthodes semblent être suffisantes pour atteindre les précisions souhaitées par l'entreprise.

II.4.2 Temps passé pour chaque levé

Afin de mieux prendre en compte les caractéristiques propres à chaque méthode, il est intéressant de comparer les temps de report et de traitement effectués avec les différents appareils. Comme évoqué précédemment, le temps nécessaire au levé tachéométrique est moins important que pour le scanner. La prise des mesures a été effectuée en 3h00 et le traitement (calcul des points et dessin) a été effectué en 1h30, ce qui donne un temps de travail assez proche du levé réalisé au distancemètre.

Concernant le scanner, le temps réalisé est indiqué par le tableau 3. Nous pouvons voir que le temps gagné lié à l'utilisation du scanner est largement perdu lors de la phase traitement. En effet, nous avons un temps total de 6h05 avec le scanner contre 4h30 avec la tachéométrie classique et 5h30 avec le distancemètre. Ce temps est compensé par l'exhaustivité des données.

Logiciel	Activité	Temps (min)
Phase terrain	Levé	90
Register 360	Import des scans	40
	Premier alignement des nuages	50
	Consolidation	30
	Optimisation	30
	Contrôle des erreurs	20
	Export des données	30
Cyclone	Import	15
	Unification	20
AutoCad	Dessin	40
	Total	365

Tableau 3: Temps de réalisation du plan au scanner

II.5 Préconisation pour l'utilisation du matériel

L'objectif de cette partie est de déterminer un mode d'acquisition qui permettra par la suite de garantir une précision suffisante puisque celle-ci est primordiale pour l'application de la norme. Il faut donc, à l'aide des conclusions tirées précédemment et de la prise en compte des avantages et inconvénients de chaque méthode, déterminer le cas où chaque méthode semble être applicable. Sur les trois méthodes appliquées aujourd'hui par l'entreprise, seules deux semblent être applicables en l'état : la combinaison station totale et distancemètre ainsi que le scanner laser.

Le principal défaut du distancemètre réside dans le fait qu'il est parfois difficile, au vu de la configuration des lieux d'effectuer un levé précis, à la fois de la structure du parc de stationnement mais aussi des emplacements. Il s'agit plus d'une méthode qui peut être utilisée soit pour effectuer quelques compléments, soit pour lever uniquement des places de stationnement lorsqu'un levé préalable de la structure (mur et paroi) a déjà été réalisé.

II.5.1 Le scanner

Dans le cas de parkings construits il y a plusieurs années et étant assez peu entretenus, la méthode de levé par scan semble être adaptée car le niveau d'entretien de ces parcs fait que certains éléments peuvent être abîmés. Cela peut entraîner un certain nombre d'irrégularités et d'empiétements sur les emplacements de stationnement comme nous pouvons le voir dans la figure 10. Ceux-ci seront considérés (en fonction de leurs tailles) comme des obstacles importants pouvant ainsi nuire au confort de l'utilisateur lors de ses manœuvres. L'exhaustivité des données liée à ce mode de mesure semble donc être intéressante.



Figure 10 : Obstacle dépassant sur un stationnement

Le principal défaut de cette méthode se situe au niveau de la prise en compte des marques modélisant le stationnement. En effet, il est difficile de savoir à l'avance si celles-ci seront mesurables puisque cela dépend essentiellement des caractéristiques du parc de stationnement. De plus, comme vu précédemment, un nombre important de scans serait nécessaire pour effectuer un tracé précis, les marquages étant dessinables avec précision jusqu'à une distance de 3,00 m. Augmenter la densité de points pris par l'appareil ne semble pas non plus être une solution puisque cela entraînerait une augmentation du temps de levé et de traitement tout en nécessitant un plus grand espace de stockage. Cette solution n'est donc pas pertinente au vu de la taille généralement importante des parcs de stationnement.

Nous pouvons donc en conclure qu'il est assez difficile de conseiller l'utilisation du scanner pour le levé des parcs de stationnement hormis pour des parcs de stationnement anciens et mal entretenus. En effet, malgré l'exhaustivité des données obtenues, un autre moyen de mesure peut être nécessaire pour le levé des emplacements (station totale ou distancemètre). Cela entraîne donc une augmentation considérable du temps de traitement car il faut traiter les nuages de points ainsi que le levé complémentaire réalisé pour les emplacements de stationnement.

II.5.2 La station totale

La station totale semble être l'appareil le plus approprié pour la mesure de parc de stationnement. En effet, le levé s'effectue de manière assez rapide, tout comme le traitement des mesures, particulièrement lorsque l'ensemble des points d'intérêts sont bien définis. De plus, la précision obtenue par cet appareil est en cohérence avec celles attendues par l'entreprise. Cependant, il est important de prendre en compte qu'il est nécessaire que la personne qui effectue le levé possède une connaissance suffisante des normes afin que celle-ci puisse lever l'ensemble des éléments nécessaires au classement.

Un autre élément à prendre en compte est la possible ouverture du parc de stationnement à son utilisation première qui est l'accueil de véhicules pour leur stationnement. Dans ce cas, la station totale possède de nombreux avantages par rapport aux appareils testés. Un levé au scanner laser ne semble pas approprié car les véhicules généreront de nombreux masques et ce, même en optimisant les positions de levé. De nombreuses occlusions seront ainsi présentes dans le nuage, ce qui pourrait poser problème pour le traitement comme nous l'indique Previtali et al. (2014). Un levé à la station totale présente deux avantages principaux. D'une part, la présence des véhicules ne pose pas de problème pour le levé des murs et des piliers puisque ceux-ci sont visibles en hauteur (il faut cependant faire attention à ce que ceux-ci ne s'élargissent pas au niveau du sol car cela entraînerait une erreur dans le dessin par rapport à la réalité). De plus, ce levé s'effectue avec un prisme posé sur une canne dont la hauteur est modifiable en fonction de la situation. La canne étant relativement fine, il est donc aisé de passer entre les véhicules et de modifier la hauteur du prisme afin de prendre l'ensemble des points souhaités. Cela permet de ne pas augmenter considérablement le nombre de stations et ainsi le temps de lever, tout en gardant une précision suffisante.

II.6 Méthode de dessin actuellement utilisée par l'entreprise

Je vais maintenant présenter les méthodes de dessin actuellement utilisées par l'entreprise. Ces réflexions sont issues de l'observation de plans ainsi que de rendus clients effectués dans le cadre d'opération de contrôle de conformité des emplacements de stationnement selon la norme NF P 91-120.

Nous pouvons observer sur la figure 11 que le tracé en ortho n'est pas forcément représentatif de la réalité. En effet, celui-ci entraîne des différences entre le plan et la réalité. Il y a ici un écart de 2 cm (7,33 sur le plan et 7,35 sur le croquis (20,02-12,67)), ce qui n'est pas négligeable au vu de la précision des plans délivrés par l'entreprise pour l'application de la norme.



Ce type de tracé peut entraîner des problèmes bien plus importants à propos du dimensionnement minimal des emplacements de stationnement. C'est notamment ce que nous pouvons voir sur la figure 12. Ici, le choix effectué lors du tracé implique que les murs ne passent pas forcément par les points qui ont été pris lors du levé. Ces décalages, même s'ils pourraient de prime abord sembler minimes, sont très importants car ils vont impacter le dimensionnement minimal des places. Nous avons un point pris avec la station totale situé à 0,24 m de la voie, tandis que l'obstacle en tracé ortho a été positionné à 0,26 m de la voie. Or, la norme NF P91-120 fixe une limite de décalage à 0,25 m de la voie. Ainsi, un obstacle se situant avant cette limite induit un élargissement de la place de 0,20 m et un obstacle se situant juste après entraîne une augmentation de la largeur de la place de 0,15 m.

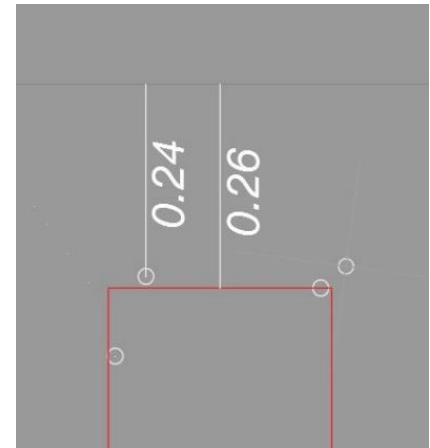


Figure 12 : Impact du tracé sur le positionnement d'un obstacle

Aujourd'hui, nous pouvons nous poser la question de la pertinence de cette manière de dessiner par rapport à l'application des normes NF P91-100 et NF P91-120. L'utilisation de cette forme de dessin peut être source de contestation de la part du client si celui-ci réalise que cela peut entraîner des erreurs qui lui seront préjudiciables. Enfin se pose la question de la fidélité de la retranscription. En effet, même si cela n'est pas forcément visible sur les plans au 1/50^{ème}, l'entreprise fournit au client depuis plusieurs années le fichier de dessin contenant le plan réalisé. Lorsque l'on recherche la précision pure sur le dessin afin de voir si le parc de stationnement respecte la norme, le tracé en ortho ne paraît donc pas adapté.

Autre point négatif des méthodologies de report, l'uniformisation des moyens des dessins des piliers lorsque des mesures sont manquantes. En effet, si des mesures n'ont pas été prises, il serait plus intéressant de retourner sur le terrain afin de compléter celles existantes. Cependant, cela n'est parfois pas fait, pour des questions liées au temps, le dessin est alors effectué en se basant sur des éléments similaires. Cependant, même s'il semble cohérent qu'il puisse exister de fortes similarités entre divers éléments, cela n'est pas forcément le cas. Ainsi, il est aisé d'obtenir une erreur de l'ordre de quelques centimètres, ce qui est dérangeant du point de vue de l'application de la norme.

Aussi, il est important de prendre en compte que ces éléments sont souvent constitués de béton. Selon la norme AFNOR DTU 21, les classes de précision de béton vont de 1,50 cm et 2,00 cm. Cette norme, même si elle n'est pas obligatoire, nous permet d'estimer les précisions des objets en béton. Ainsi, lorsque ces éléments sont reportés de manière standard, sans forcément prendre en compte les mesures liées à l'appareil, une erreur pouvant aller jusqu'à 2,00 cm peut apparaître sur le dessin. Cette erreur est deux fois plus forte que celle qui est admise par l'entreprise. Son impact sur la classification des parcs de stationnement est donc très important et il est impossible de ne pas prendre en compte cela lors du dessin.

L'utilisation de la station totale semble donc être le meilleur moyen de mesure des parcs de stationnement à la fois en matière de temps de levé et de report mais aussi au niveau des précisions obtenus. Le dessin en ortho, aujourd'hui pratiqué par l'entreprise, ne semble pas non plus adapté à la précision souhaitée. Afin de définir une méthodologie d'analyse complète, il est nécessaire d'accompagner ces indications techniques² de prescription permettant d'interpréter la norme lorsque les dispositions de celle-ci sont floues.

² Voir annexe 2

III Préconisation pour l'application de la norme

L'objectif de cette partie est de déterminer des préconisations qui pourraient être appliquées lors de la réalisation de dossiers traitant de la norme NF P91-120.

III.1 Éléments à prendre en compte sur le terrain

III.1.1 La prise en compte des équipements

Tout d'abord, se pose la question des équipements car selon la norme, ceux-ci ne sont pas à prendre en compte. Cependant, si l'on considère le but premier de la norme, qui est de garantir des dimensions de stationnement suffisantes et adaptées afin de permettre le confort des usagers, cela ne semble pas être pertinent. En effet, ces équipements sont parfois en métaux ou constitués de matériaux pouvant causer des dommages sur la carrosserie des véhicules s'ils entrent en collision avec eux, les usagers souhaiteront donc les éviter lorsqu'ils effectueront leurs manœuvres de stationnement. Nous pouvons donc dire que ceux-ci sont aussi gênants qu'un obstacle pourrait l'être pour l'utilisateur (comme par exemple un pilier). Cette disposition ne propose pas une application stricte de la norme mais il est important de prendre en compte qu'elle est plus restrictive, et, permettra donc d'assurer le confort des usagers.

Toutefois, il semble nécessaire de nuancer cette réflexion en fonction de la nature et du rôle de celui-ci puisqu'il ne semble pas pertinent de prendre en compte des objets qui n'interfèrent pas dans le stationnement (que ce soit à cause de leurs positionnements ou par leur structure). Nous pouvons prendre pour exemple le cas où un objet se situe au niveau du sol. Dans ce cas, la distance entre les roues et la partie la plus saillante à l'avant des véhicules est plus large que les rétroviseurs. Ainsi, un équipement se situant au niveau du sol sur le fond de la place n'aura pas le même impact sur le stationnement du véhicule si celui-ci est situé sur le côté. Lorsqu'il est positionné dans la largeur de la voie au fond de la place, la présence de cet obstacle n'est pas une gêne pour le stationnement car l'utilisateur ne se rendra pas compte de sa présence (celui-ci est de petite taille et sera situé sous la carrosserie du véhicule entre les roues et le mur). En revanche, si ce même objet est placé dans le sens de la longueur, il s'agit de quelque chose que l'utilisateur du parc de stationnement vaudra éviter lors de sa manœuvre, ce qui va réduire les dimensions de l'emplacement de stationnement.

Ce point est donc assez libre à interprétation car un même objet, par son positionnement peut influencer sur la manière de classer les emplacements.

III.1.2 La hauteur de mesure

Il est aussi important de fixer une hauteur pour la mesure des stationnements car aucune indication particulière n'est indiquée dans la norme. Aujourd'hui, l'entreprise effectue la prise de ces mesures à hauteur de canne (1,30 m) lors des levés à la station totale et au niveau du sol lors des levés au distancemètre. Diverses hypothèses semblent être à considérer au vu du choix de la station totale effectué précédemment pour le matériel. Nous avons la possibilité d'effectuer des mesures au niveau du sol, en haut des murs ou encore à la hauteur des véhicules, c'est-à-dire dans un espace compris entre 0,50 et 1,50 m de hauteur. Cette dernière proposition semble être la plus adaptée puisqu'il s'agit des endroits où les véhicules sont les plus larges et ainsi plus à même d'entrer en collision avec les potentiels obstacles. Cette méthode de mesure semble tout à fait pertinente lorsque l'on considère que le but premier de la norme est le confort des usagers. Une nuance peut toutefois être apportée dans le cas où le mesurage s'effectue sur un parc de stationnement occupé. Certains éléments peuvent être masqués par les véhicules et le respect de la hauteur de levé peut donc être compromis. Dans ce cas, le levé peut s'effectuer avec une hauteur différente (hauteur de canne ou du laser) à condition que le bullage de la canne soit respecté pour la prise de mesures au niveau des bandes de stationnement et que les murs ne présentent pas d'inclinaison qui entraînerait une différence dans les proportions de l'emplacement entre la hauteur de mesure préconisée (entre 0,50 m et 1,50 m) et la hauteur liée à la présence des véhicules. Cette hauteur de mesure est aussi à adapter en fonction des caractéristiques propres à chaque parking puisque les équipements peuvent être positionnés d'une manière différente. Lors de la présence d'un équipement ou obstacle, il convient de réaliser la mesure à la hauteur où l'obstacle empiète le plus sur la place.

Il n'est pas important de prendre en compte les difformités locales présentes sur les murs comme par exemple des « bosses » ou les impuretés des murs liées à l'état du parc de stationnement (ce cas est principalement rencontré lors des relevés sur des parkings en fonctionnement depuis de nombreuses années) puisqu'il est fort probable que l'utilisateur ne sera pas gêné lors de la réalisation des manœuvres de stationnement ou lors de l'ouverture du coffre. Nous pouvons fixer une limite à moins d'un centimètre sur une hauteur inférieure à 1,50 m.

Il est nécessaire de ne pas prendre une valeur trop élevée du fait que la norme ne présente pas de tolérance mais aussi par le fait que l'entreprise garantit ses plans au centimètre. De plus, une difformité présente sur le fond de l'emplacement pourrait gêner l'utilisateur lors de l'ouverture du coffre, ce qui serait contraire à l'objectif de la norme.

III.2 Partie classification

III.2.1 Les emplacements en épi

Si un certain nombre de précisions ont été apportées pour le levé des parcs de stationnement, cela est aussi valable pour la partie traitement. En effet, même si des indications concernant le classement des stationnements sont données dans les deux normes, certaines d'entre elles donnent lieu à des interprétations. Il est donc nécessaire de préciser un certain nombre d'éléments concernant la gestion des emplacements.

Tout d'abord, nous pouvons évoquer la gestion des emplacements en épi. La norme nous indique un certain nombre de dimensions types avec des angles prédéfinis. Les valeurs se situant entre ces angles doivent être interpolées. Cependant, aucune disposition n'est indiquée concernant le type d'interpolation à effectuer. Lorsque nous regardons en détail les différents paramètres évoluant en fonction de l'angle de rangement, nous pouvons voir dans la figure 13 que ceux-ci ne suivent pas la même règle de changement de leurs proportions.

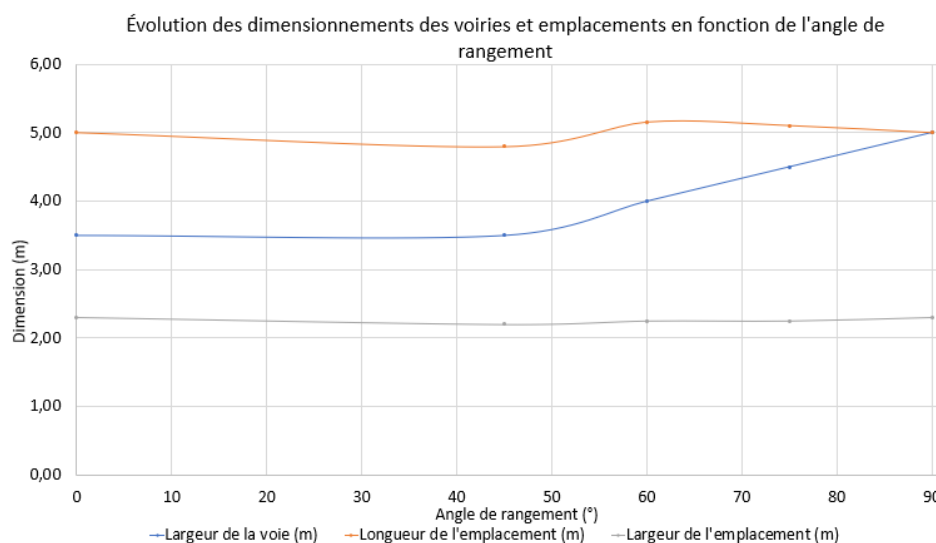


Figure 13 : Modélisation graphique de deux types d'interpolation

La prise en compte des emplacements en épi peut donc s'effectuer de différentes manières et est laissée à la libre interprétation de la personne effectuant l'analyse pour certains types d'angle. Aujourd'hui, aucune méthode précise n'existe dans l'entreprise puisque celle-ci n'a jamais été confrontée à ce type de cas.

	Méthode graphique	Proportionnalité	Écart
Largeur de voirie (m)	3,63	3,66	0,03
Largeur d'emplacement	2,31	2,32	0,01
Longueur d'emplacement	4,88	4,91	0,03

Tableau 4: Écarts obtenus entre les différentes interpolations

Nous pouvons voir dans le tableau 4 que le type d'analyse effectué a un impact très important sur la classification puisque, la norme ne possédant pas de tolérance, un emplacement pourra être considéré comme étant de référence en fonction de la méthode utilisée et le client se retrouvera impacté.

L'une des méthodes envisageables serait de prendre, lorsqu'un angle de rangement compris entre deux valeurs, pour la détermination des paramètres, les valeurs les plus importantes entre ces deux angles. Cela permettra d'avoir des dimensionnements types pour nos emplacements de stationnement. En effet, si, par exemple, nous choisissons un angle de 70° comme dans la figure 14, nous pouvons voir que le premier cas (en bleu) est plus adapté car nous avons des dimensionnements plus standards et beaucoup plus restrictifs par rapport à l'interpolation (en rouge), ce qui nous garantit le bon respect de la norme et une amélioration du confort des usagers.

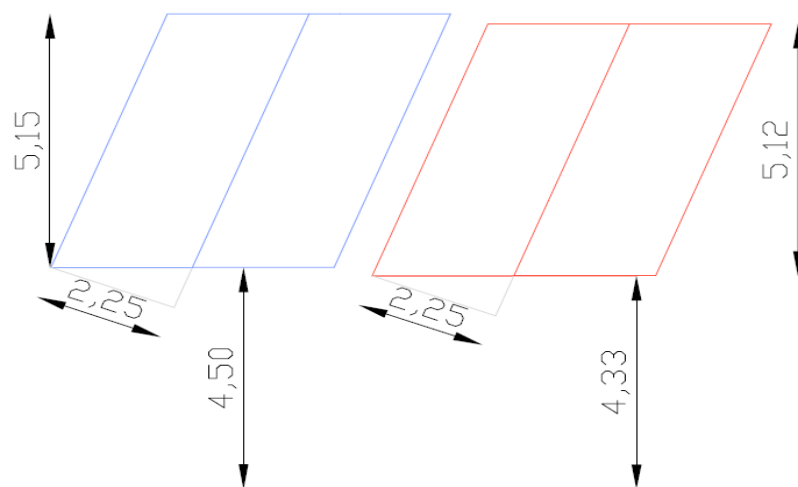


Figure 14: Évolutions des différents paramètres

Cette méthode peut sembler assez défavorable au client, particulièrement lors de la réalisation d'un contrôle car celle-ci présente des écarts importants avec les autres méthodes d'interpolation. Il s'agit donc de quelque chose que l'on peut conseiller d'appliquer au client dans le cas où les dossiers à traiter sont encore en phase projet. Pour le contrôle du plan en VEFA, il serait intéressant de demander préalablement à la réalisation de la prestation, la méthode d'interpolation utilisée pour comprendre le travail réalisé par l'architecte.

Pour le contrôle du parc de stationnement existant, sans traitement réalisé au préalable par l'entreprise, il serait intéressant de calculer les caractéristiques des angles intermédiaires en utilisant la méthode de calcul par proportionnalité entre ces deux angles puisque cette méthode permet de mieux prendre en compte les évolutions des dimensions. Les dimensionnements fixés par la norme étant liés aux nécessités de manœuvre des usagers, ce mode de calcul semble donc adapté.

Dans le cadre de plan en VEFA, deux solutions semblent être applicables : utiliser le mode de calcul utilisé par l'architecte (si celui-ci est connu) ou utiliser la même méthode que pour les parcs existants. Cette deuxième solution semble être plus adaptée pour, d'une part, une question d'uniformité de traitement, mais aussi parce qu'il s'agit de la disposition permettant d'assurer le confort des utilisateurs tout en n'étant pas trop défavorable pour le client. Celui-ci serait d'ailleurs informé de ce mode de calcul dès la réalisation du devis ainsi que par une note présente sur le plan.

III.2.2 La largeur de voirie

Nous devons aussi aborder l'impact des largeurs et hauteurs de voirie sur le classement des stationnements car il est nécessaire d'établir une justification permettant d'établir le classement de manière uniforme. Les normes NF P91-100 et NF P91-120 nous indiquent qu'un stationnement peut être considéré comme étant de référence lorsque ses dimensions ainsi que celle de la circulation le desservant correspondent aux dimensions fixées par ces documents.

Aujourd'hui, l'entreprise effectue le classement des stationnements en fonction des caractéristiques de la voirie juxtaposant l'emplacement. Ainsi, un stationnement peut être considéré comme étant conforme malgré le fait que ses conditions d'accès soient incompatibles avec la norme comme nous le montre la figure 15.

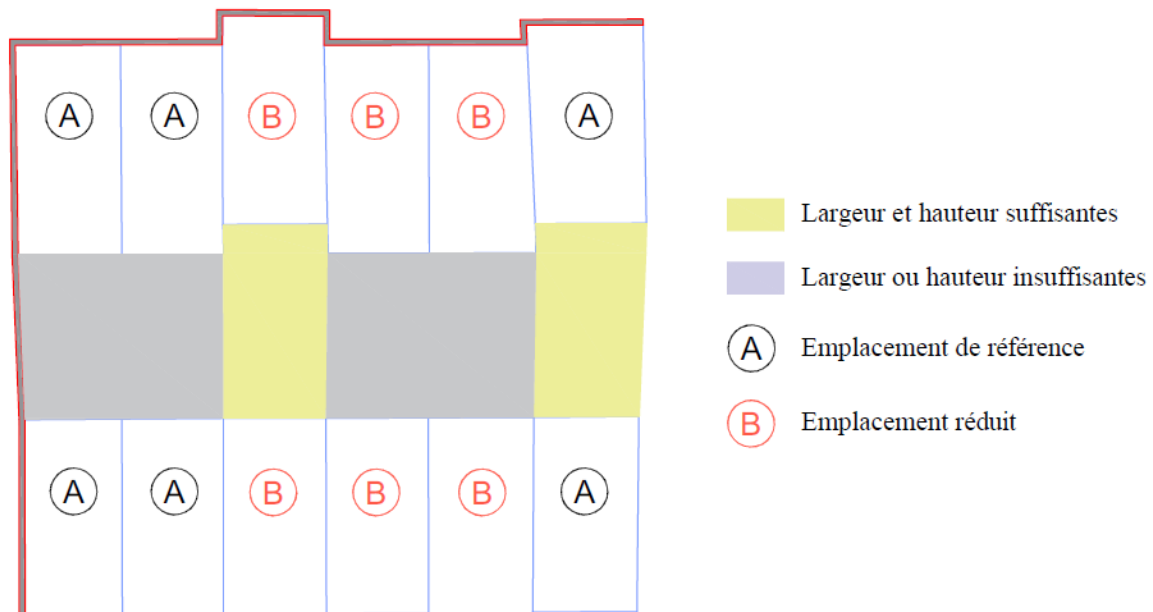


Figure 15 : Classification des stationnements actuellement utilisée par l'entreprise

Il s'agit ici d'une manière différente d'interpréter les dispositions présentes dans ces documents puisque, dans ce cas, la circulation immédiate de l'emplacement respecte la norme.

Le principal défaut de ce mode de classement réside dans le fait que le confort des usagers n'est pas forcément garanti au niveau de l'accès de l'emplacement. Cette application ne semble pas du tout cohérente avec l'objectif de la norme ainsi qu'avec les mesures prises dans ces documents. Pour mettre en valeur cela, nous pouvons prendre pour exemple le cas des rampes. Dans ce cas, le dimensionnement des rampes ne rentre pas en compte pour le classement des emplacements de stationnement. Un stationnement peut donc être considéré comme étant conforme à la norme malgré le fait que les dimensions de son accès ne soient pas satisfaisantes, ce qui peut engendrer une certaine incompréhension de la part du commanditaire du projet. Ainsi, ce mode de classement est une manière d'interpréter les normes mais ne semble pas être à appliquer.

Il serait plus pertinent de considérer qu'un emplacement peut être catégorisé comme étant de référence tant que la circulation en entier (de l'entrée du parc de stationnement jusqu'à l'emplacement à classer) satisfait la norme, ce qui correspond à l'ensemble des voiries empruntées par un usager pour aller jusqu'à cet emplacement (voie de circulation, rampe et débouché de voirie) comme nous le montre la figure 16. Dans ce cas, si par exemple le débouché de voirie n'est pas conforme, alors aucun stationnement ne pourra être considéré comme étant de référence.

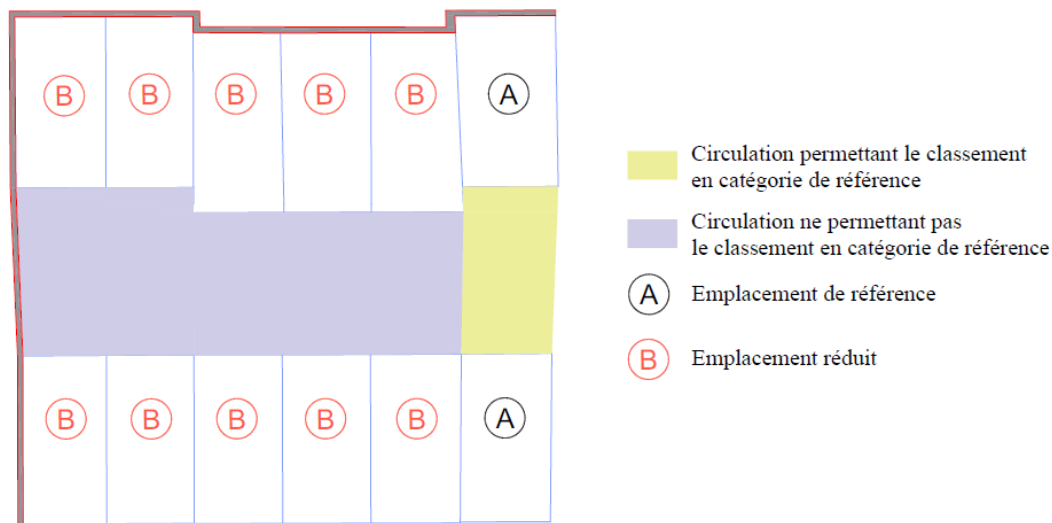


Figure 16 : Impact de la voirie sur le stationnement

Ce mode de classement permet de garantir un espace suffisant pour le croisement des véhicules ainsi que pour la réalisation des manœuvres aux endroits où celle-ci est assez large comme nous le voir la figure 17.

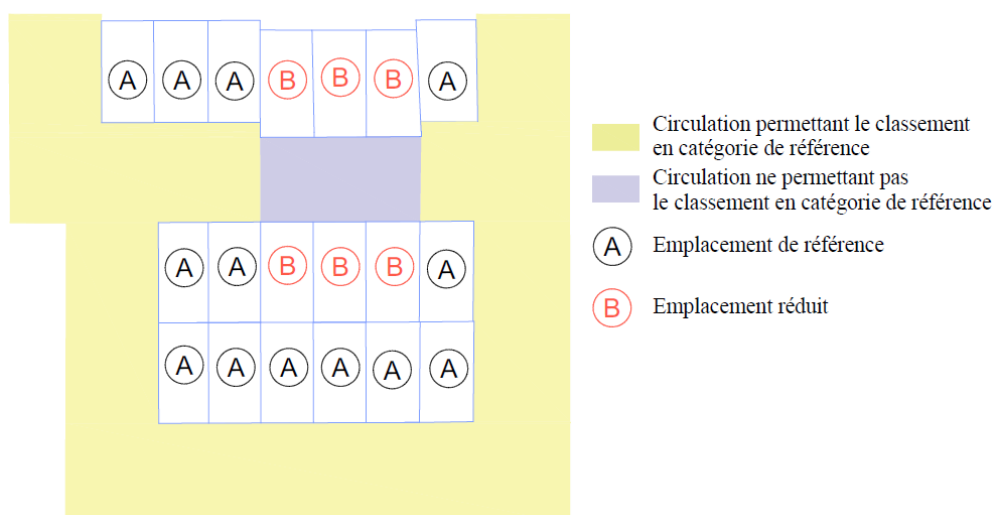


Figure 17 : Classement effectué selon la conformité de la voirie de desserte

Ce mode de classement correspondant à une interprétation assez restrictive de la norme, il est donc important de le préciser dès la création du devis, car, s’agissant d’un point important de la prestation vendue, il est nécessaire que le client en soit informé.

Aussi, une note permettant de préciser le mode de calcul devra apparaître sur le plan pour que toute personne le lisant ou l’utilisant pour des projets futurs puisse connaître et comprendre le travail réalisé. Cela permettra d’éviter les contentieux par la suite.

III.2.3 Le positionnement des obstacles

La norme NF P91-120 indique que les dimensions des stationnements sont comptées à partir « du nu des parois ou des poteaux limitant l’emplacement » ainsi que des bandes (axe ou partie extérieure). Dans la figure 18, sur l’emplacement de gauche, nous pouvons voir que le poteau et la bande se superposent clairement. Dans ce cas, la délimitation de l’emplacement s’effectue au niveau du poteau car celui-ci limite l’emplacement.



Figure 18 : Positionnement de l'obstacle par rapport au stationnement

La question semble moins évidente concernant l'emplacement de droite de la figure 18 où nous pouvons voir qu'un pilier se situe à quelques centimètres de l'emplacement. Il est important de noter que, pour que le raisonnement suivant soit cohérent, cet écart doit être assez faible, de l'ordre de quelques centimètres.

D'un point de vue géométrique, le poteau ne limite pas l'emplacement puisque les bandes sont clairement définies et n'intersectent pas l'obstacle. Cependant, dans les faits, nous pouvons considérer que l'espace entre le marquage et le poteau ne sera pas utilisé autrement qu'avec le stationnement de véhicules et que l'utilisateur se servira du pilier comme point de repère pour la réalisation des manœuvres de stationnement.

Dans ce cas, nous pouvons dire que le poteau fixe une limite à l'emplacement puisque l'utilisateur sera impacté. Dans ce cas, il est donc préférable de préconiser que l'emplacement de stationnement corresponde à l'espace situé entre deux poteaux (dans le cas où la place est bordée par deux obstacles) ou entre le poteau et le marquage. Il s'agit donc d'une indication que l'on apporte et qui se retrouvera donc indiquée sur le plan.

L'objectif de cette mesure est d'empêcher que les commanditaires de ce type de projet ne réduisent volontairement les limites de leur stationnement pour masquer un emplacement qui serait non conforme puisque les problématiques liées à la présence de l'obstacle (espace nécessaire à la réalisation des manœuvres) seraient identiques pour l'utilisateur, malgré la réduction des limites physiques de l'emplacement comme nous pouvons le voir dans la figure 19, où la largeur de l'emplacement est de 2,40 m à la place de 2,45 m recommandé par la norme.

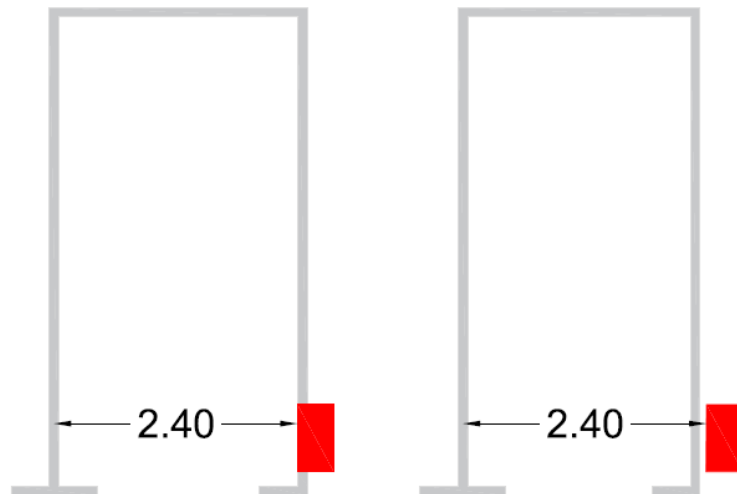


Figure 19 : Réduction géométrique de l'emplacement permettant d'éviter géométriquement l'obstacle

D'un point de vue terrain, lorsque l'on rencontre ce cas, il est nécessaire de réaliser les mesures des bandes ainsi que de l'espace entre les bandes et l'obstacle afin d'avoir l'ensemble des valeurs pour que, dans le cas où le stationnement ne serait pas conforme à la norme, le commanditaire puisse avoir l'ensemble des mesures nécessaires.

L'ensemble de ces préconisations permet de définir une méthodologie globale quant aux éléments à prendre en compte pour l'application de la norme. Celles-ci permettent d'homogénéiser la manière de faire de l'entreprise dans la réalisation de ses plans. Cela va donc nous permettre de pouvoir réaliser une automatisation de l'analyse des plans.

IV Automatisation du calcul

IV.1 Objectif

Il a été choisi de privilégier l'automatisation de l'analyse selon la norme NF P91-120 car l'analyse de celle-ci représente plusieurs dizaines de dossiers contre seulement quelques dossiers pour la norme NF P91-100. Le gain de temps obtenu est donc plus important et se trouve aussi augmenté par le fait que plusieurs traitements sont réalisés sur un même parc de stationnement (notamment dans le cadre où l'analyse se porte sur des chantiers étant encore en phase projet).

IV.2 Le processus d'automatisation

IV.2.1 Modification du dessin

La réalisation du processus d'automatisation implique un changement dans la manière de dessiner pour le traitement des normes NFP 91-120. C'est par exemple le cas des voiries qui n'avaient pas de calques propres, celles-ci étant délimitées par les emplacements ainsi que les murs en fonction de la situation des lieux. Ce calque n'avait pas vocation à exister puisque les cotations étaient réalisées à la main, cela ne posait alors pas de problème car la personne réalisant le dessin pouvait les identifier clairement. En revanche, quand il s'agit d'un programme informatique, cela est beaucoup plus simple de les délimiter avec un calque dédié puisque cela simplifiera par la suite grandement le traitement. Il a donc été choisi de délimiter les voiries en différents polygones (un par axe linéaire) prenant en compte les différentes particularités de la voirie (présence d'éventuels rétrécissements) comme nous pouvons le voir dans la figure 20 (polygone bleu). La gestion des voiries selon différents axes permettra par la suite de mieux générer les mesures sur chaque morceau de voirie.

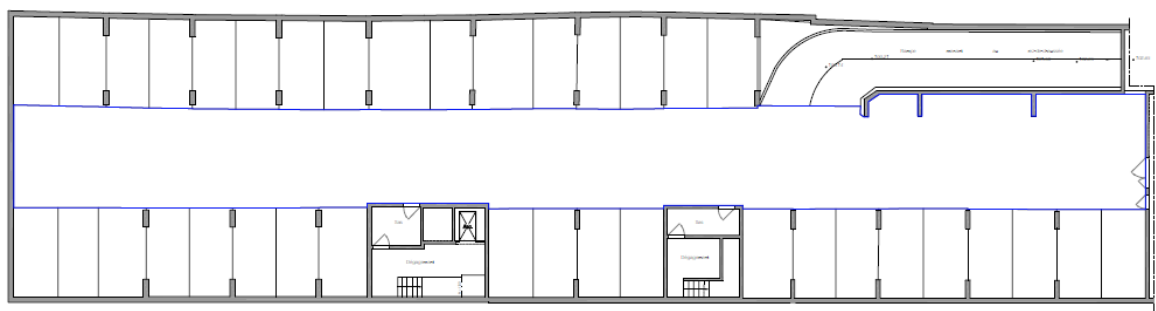


Figure 20: Polygone symbolisant la voirie

De même, les emplacements ainsi que les obstacles ont eux aussi été modifiés comme nous pouvons le voir sur la figure 21 au niveau de l’emplacement de gauche. Les emplacements possédaient déjà un calque dédié mais ceux-ci étaient composés de lignes et n’étaient pas définis au niveau des obstacles (les obstacles étaient situés dans le même calque que les murs). Ces deux objets sont donc maintenant constitués de polygones se chevauchant au niveau de leurs intersections.

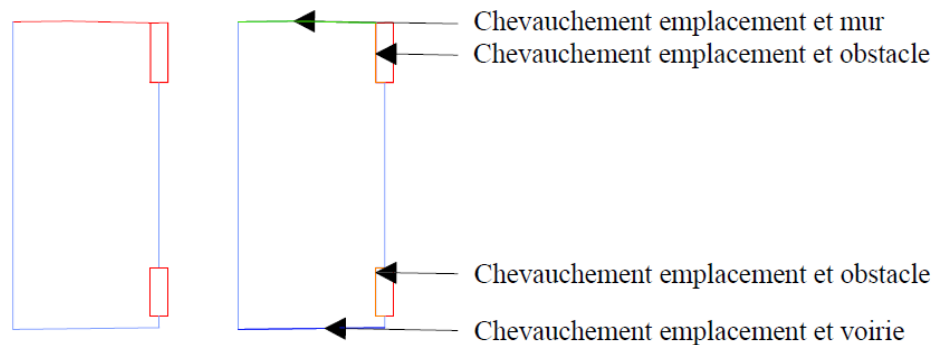


Figure 21: Modification dans la manière de tracé

IV.2.2 Traitements des différents objets

Avant de passer à la partie programmation, il est nécessaire de déterminer le processus qui sera mis en œuvre pour que nous puissions nous projeter dans la réalisation du programme qui se fera sous FME³.

L’objectif de cette automatisation est de pouvoir gagner du temps lors des opérations d’analyse de la norme. Ainsi, nous pouvons choisir d’exclure un certain nombre d’éléments de ce processus comme les rayons de raccordements, les hauteurs et les pentes des parcs de stationnements car leurs contrôles sur un plan sont assez simples à réaliser et représentent une très faible partie du temps de traitement global. Ainsi, il a été choisi de privilégier le calcul des dimensions des voiries et emplacements ainsi que les éléments pouvant être sources d’erreurs comme le comptage des emplacements de stationnement. Ainsi, nous pouvons séparer notre traitement en deux étapes.

³ Voir annexe 3

IV.2.2.1 Les voiries

Le calcul des voiries ne peut s'effectuer qu'une fois que l'ensemble des polygones a été défini (un par partie de voirie, chaque partie correspondant à un axe linéaire). Le calcul des dimensions des voiries passe par plusieurs étapes :

- Génération d'une ligne correspondant à l'axe de notre morceau de voirie à l'aide du transformateur FME intitulé « CenterLineReplacer ».
- Génération d'une grille avec un pas de 10 cm (ce pas sert à s'assurer de la prise en compte d'éventuelles particularités que l'on pourrait rencontrer) correspondant à l'emplacement de la voirie.
- Calcul de l'angle séparant les lignes de la grille de l'axe de la ligne. Cet angle nous permet par la suite de réorienter notre grille de manière que les colonnes de la grille soient perpendiculaires à l'axe de la voirie puisque par défaut, FME génère une grille où les lignes et les colonnes sont respectivement parallèles aux axes X et des Y du plan.
- Découpage des lignes pour ne garder que les parties à l'intérieur des voiries pour que celles-ci correspondent exactement aux mesures de largeurs de voie selon la norme NFP 91-120.
- Création d'un attribut « largeur » avec le transformateur « LengthCalculator » et fixation d'un arrondi avec le transformateur « AttributeRounder » afin de fixer les valeurs dans le même formalisme que celui attendu par l'entreprise (arrondi au centimètre).
- Intersection spatiale avec chaque stationnement et création d'un nouvel attribut pour chaque emplacement correspondant à la largeur minimale de voirie qui l'intersecte.
- Réalisation des cotations.

IV.2.2.2 Les emplacements

Le calcul des emplacements suit la même logique que les voiries même si des différences existent, notamment parce que ceux-ci sont situés au cœur du travail d'analyse. Les emplacements ont été traités individuellement sur FME, c'est-à-dire indépendamment des uns des autres. Il a été nécessaire de leur affecter un numéro unique dès les premières opérations de traitement et ensuite appliquer l'option « group by » sur le champ présentant ce numéro dans chaque « transformateur » FME.

Les différentes étapes sont les suivantes :

- Génération d'un axe pour chaque emplacement.
- Génération à l'intérieur de chaque emplacement d'une grille avec un pas de quelques centimètres pour les colonnes et les lignes.
- Orientation de la grille par rapport à l'axe de manière que les lignes soient perpendiculaires à l'axe de l'emplacement (cela permet de prendre en compte les emplacements qui ne sont pas sur des voiries « droites »).
- Réalisation de zones tampons (création et soustraction de zones entre elles) par rapport à la voirie et au fond de l'emplacement en fonction des distances indiquées sur la norme.
- Pour les emplacements possédant des obstacles, sélection des obstacles et réalisation d'intersections spatiales avec les différentes zones tampons précédemment créées afin d'identifier le positionnement des obstacles par rapport à l'emplacement.
- Identification de la plus petite largeur de voirie (ou liée à chaque obstacle en cas de présence d'un ou plusieurs obstacles) ainsi que de la longueur de voirie.
- Réalisation de test pour effectuer le classement de l'emplacement en fonction de ses caractéristiques.
- Réalisation des éléments graphiques sur le plan (cotations, catégories d'emplacement).

IV.3 Résultats obtenus

IV.3.1 Comparaison avec des plans réalisés par l'entreprise

Afin de vérifier que l'automatisation du calcul des emplacements s'effectue correctement, nous pouvons comparer le résultat fourni par FME avec des analyses déjà effectuées par l'entreprise présentant des particularités différentes.

Le premier plan est intéressant puisque de nombreux obstacles sont présents (positionnements différents c'est à dire par rapport à la voirie mais aussi par rapport au fond de l'emplacement), ce qui nous permettra de voir si le script permet de bien gérer cela. Cependant, ce plan ne comportant qu'une seule voirie, une analyse sur un parc de stationnement en comportant un nombre plus important a été réalisée.

	Plan 1 ⁴		Plan 2 ⁵	
Type d'analyse	Analyse Automatique	Analyse Déjà effectuée	Analyse Automatique	Analyse Déjà effectuée
Classe A	9	9	13	13
Classe B	26	28	26	26
Hors Classe	2	0	2	2
Total	37	37	41	41

Tableau 5: Comparaison des résultats de l'automatisation avec des analyses effectuées manuellement

À première vue, les résultats présents dans le tableau 5 semblent cohérents puisque les emplacements sont globalement classés dans la bonne catégorie, hormis pour le Plan 1 où deux emplacements sont passés de la classe B sur l'analyse déjà effectuée en hors classe en utilisant l'automatisation du calcul. Lorsque l'on compare les plans d'origine, nous pouvons voir que ces erreurs proviennent des cotations effectuées qui ne sont pas réalisées de manière perpendiculaire, ce qui entraîne une différence de l'ordre de 1 ou 2 millimètres et donc par un arrondi différent.

Il est aussi important de noter que même si certains stationnements sont bien classés, cela ne signifie pas que la réalisation de leurs côtes est correcte, notamment dans le cas d'emplacements en épi. En effet, ceux-ci ayant un calcul de leurs dimensions différent, nous pouvons voir que celles-ci ne correspondent pas aux mesures indiquées dans la norme comme nous pouvons le voir dans la figure 22.

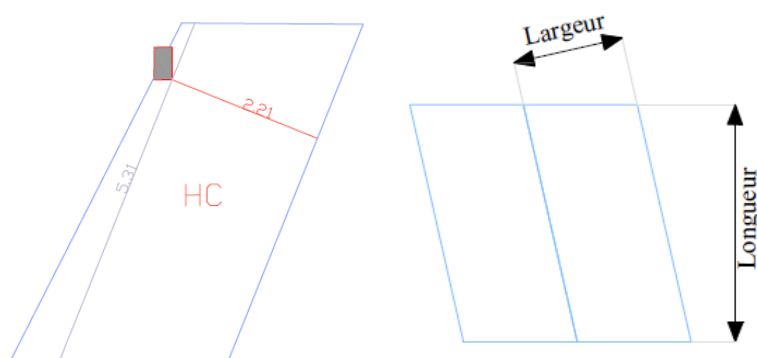


Figure 22: Calcul de largeur incorrect pour les emplacements en épi (à gauche) par rapport à la norme (à droite)

⁴ Voir annexe 4

⁵ Voir annexe 5

IV.3.2 Améliorations potentielles

IV.3.2.1 La représentation graphique

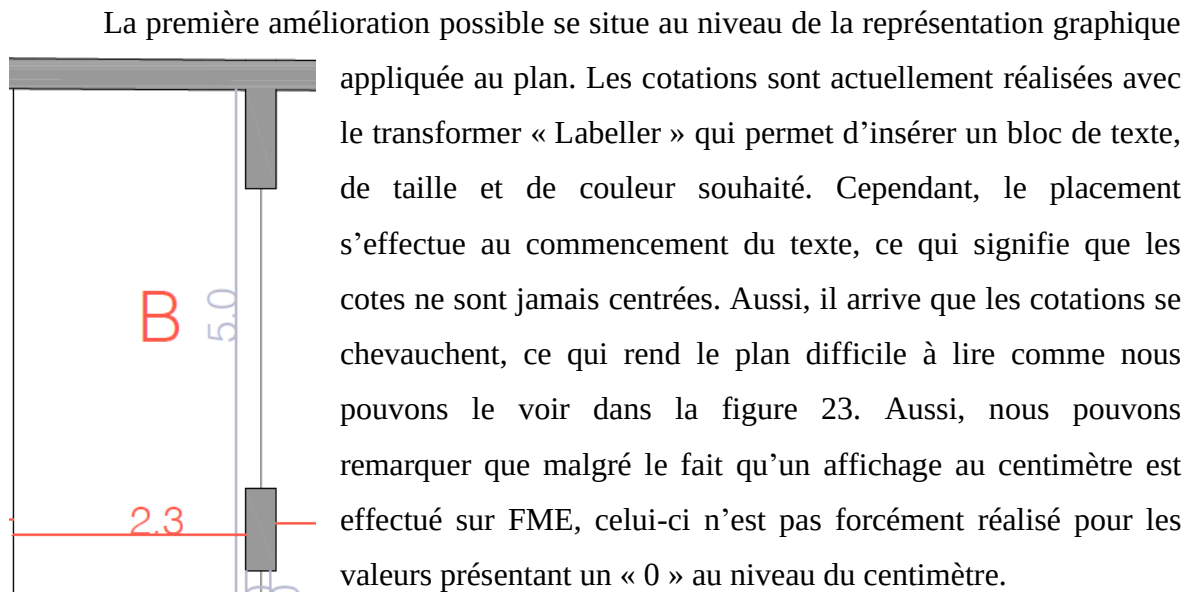


Figure 23: Classement d'un stationnement obtenu par automatisation

Cette remarque est aussi valable pour l’affichage de la classe du stationnement. Pour pallier cela, nous pouvons insérer un bloc avec FME dont le milieu se situe au centre de la lettre, ce qui permettra un meilleur habillage du plan.

IV.3.2.2 Récapitulatif

Il serait aussi intéressant de générer un tableau Excel permettant de récapituler l’ensemble des caractéristiques du parc de stationnement. En effet, l’ensemble des informations sont calculées par le programme, il s’agit donc seulement ici de retranscription.

IV.3.2.3 La prise en compte des rampes et hauteurs

Aussi, il serait intéressant de développer une interface permettant de demander à l’utilisateur si les rampes et le raccordement de voiries sont conformes à la norme. En effet, d’après le choix précédemment effectué dans la manière de classer, il est nécessaire de connaître la conformité des rampes afin d’attribuer la classe des emplacements. Ainsi, si l’on souhaite appliquer ce script pour des parcs de stationnement ou une rampe n’est pas conforme, il faudra donc modifier les valeurs d’attribution de classe A sur le plan.

Conclusion

Ce stage de fin d'études a permis d'approfondir la connaissance des normes NF P91-100 et NF P91-120. Celui-ci avait pour but de mettre en place un processus global de vérification du respect de ces documents, en partant du levé, et en allant jusqu'à l'automatisation de l'analyse du parc de stationnement. Ce travail englobe aussi la rédaction de cette méthodologie ainsi que sa diffusion auprès des collaborateurs de l'entreprise.

La première étape de ce stage a été de prendre connaissance des deux documents objets de cette étude. Même si ces normes sont assez similaires dans leur forme ainsi que dans leurs contenus, de nombreuses différences techniques existent, et il est nécessaire d'adapter la méthode de levé et de traitement afin d'opérer une classification juste. Le fait que les normes ne possèdent aucune tolérance est contrasté par la présence de nombreuses imprécisions qui font qu'il est nécessaire de définir une méthode de levé et d'application claire de la norme pour uniformiser le levé et obtenir une cohérence dans le travail effectué. Aussi, ces documents présentent de nombreuses dispositions qui, aujourd'hui, peuvent paraître inadaptées, notamment si l'on prend en compte l'augmentation de la taille moyenne des véhicules depuis ces vingt dernières années. En ce sens, une mise à jour de la norme pourrait être à envisager afin de permettre une amélioration de la mise en place de la norme.

Les normes NF P91-100 et NF P91-120 ne présentant aucune tolérance, l'entreprise a donc décidé de garantir ses plans au centimètre. La réalisation de test a donc été nécessaire dans le but d'évaluer les avantages et inconvénients de chaque appareil. Afin de déterminer si la méthode de mesure est adaptée, différents points sont à regarder : le temps de levé, le temps de traitement, la mobilisation de ressources humaines ainsi que la précision de la mesure associée à l'appareil. Le choix de la méthode de dessin est aussi très important pour la précision finale du plan. Des trois appareils testés, la station totale avec la réalisation de mesures complémentaires au distancemètre semble être le meilleur compromis. Le principal défaut du scanner se situe dans le fait que les emplacements de stationnement ne sont pas dessinables avec précision sans augmenter considérablement la densité de points (ce qui allonge donc le temps de traitement et augmente l'espace de stockage).

Cela est principalement dû aux particularités que l'on peut trouver dans certains parcs de stationnement (couleurs proches entre le marquage et le sol, éclairage globalement faible, angle d'incidence non propice, surface du stationnement réfléchissante), ce qui peut être difficile à prévoir en amont du chantier.

La définition de préconisation a eu pour objectif de définir une méthodologie globale quant aux éléments à prendre en compte pour l'application de la norme. Celles-ci permettent d'homogénéiser la manière de faire de l'entreprise dans la réalisation de ses plans et concernent à la fois la partie lever et la partie analyse.

La partie automatisation de l'analyse des parcs de stationnement a concerné la norme NF P91-120 car il s'agit du document où la demande est la plus forte et où les aspects financiers sont les plus importants pour l'entreprise. L'automatisation de l'analyse a été mise en place sous FME et s'est focalisée sur les éléments occupant un temps de traitement important. Le script réalisé permet de calculer automatiquement les dimensions des emplacements ainsi que des voiries. Des améliorations sont toutefois à prévoir, notamment au niveau graphique afin d'améliorer la qualité du plan en sortie de programme. Une évolution intéressante serait de mettre en place une automatisation des préconisations pour rendre le parc de stationnement conforme, ce qui permettrait de gagner beaucoup de temps de traitement.

Ce travail m'a permis de mettre en pratique mes connaissances acquises lors de mon cursus scolaire et de les approfondir grâce à l'ensemble du personnel de l'entreprise. Le fait que les normes objets de cette étude ne présentent aucune tolérance m'a bien permis de comprendre les problématiques techniques auxquelles peuvent être confrontées les entreprises. Cette norme est aujourd'hui remise en question par la présence de documents d'urbanisme pouvant imposer des contraintes plus importantes pour le constructeur. Nous pouvons prendre en exemple le cas du PLU de Bagneux que j'ai notamment pu rencontrer lors de mon TFE, qui fixe des proportions à respecter plus importantes que celles présentes dans la norme (comme par exemple une largeur minimale d'emplacement de 2,50 m contre 2,30 m dans la norme). Ainsi, l'application de cette norme n'est pas forcément pertinente car un parc de stationnement peut être conforme à ce document tout en ne respectant pas la réglementation en vigueur.

Bibliographie

Travaux universitaires

BAJARD Alban, Numérisation 3D de surfaces métalliques spéculaires par imagerie infrarouge, Université de Bourgogne, 2012, 156 p. Disponible sur : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00845939>, (consulté le 02/04/2020)

BEN HIBA Hind, Conversion semi-automatisée de plans 2D CAD en plans SIG et Maquettes Numériques BIM, ESGT, 2019, 65p.

MACHER Helène, Du nuage de points à la maquette numérique de bâtiment : reconstruction 3D semi-automatique de bâtiments existants. Modélisation et simulation. Université de Strasbourg, 2017, 151 p. Disponible sur : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00845939>, (consulté le 21/02/2020).

Articles de périodiques électroniques

BARRAS, V., DELLEY, N. et CHAPOTTE, G., Analyses aux limites des scanners laser terrestre, XYZ, [en ligne], 2013, N°137. Disponible sur : <http://www.aftopo.org/download.php?matricule=413705>, (consulté le 22/02/2020).

LANDES, T. et GRUSSENMEYER, P. (2011). Les principes fondamentaux : de la lasergrammétrie terrestre : systèmes et caractéristiques, XYZ, [en ligne], 2011, N°128. Disponible sur <http://www.aftopo.org/download.php?matricule=412906>, (consulté le 24/02/2020).

MILL, T., ALT, A. et LIIAS, R. (2013). Combined 3D building surveying techniques – terrestrial laser scanning (TLS) and total station surveying for BIM data management purposes. *Journal of Civil Engineering and Management*, 19(Supplement 1):S23–S32. Disponible sur <https://journals.vgtu.lt/index.php/JCEM/article/view/3949>, (consulté le 16/03/2020).

Olsson, P.-O. ; Axelsson, J.; Hooper, M.; Harrie, L. Automation of Building Permission by Integration of BIM and Geospatial Data. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2018, 7, 307, Disponible sur <https://www.mdpi.com/2220-9964/7/8/307>, (consulté le 15/06/2020).

PREVITALI, M., BARAZZETTI, L., BRUMANA, R. et SCAIONI, M. (2014). Towards automatic indoor reconstruction of cluttered building rooms from point clouds. In *International Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, volume II-5, pages 281–288. Disponible sur : <https://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/II-5/281/2014/isprsannals-II-5-281-2014.pdf>, (consulté le 18/03/2020).

Site Web

NaturaGIS, FME et la gestion de données SIG en biodiversité, [en ligne], Disponible sur <https://naturagis.fr/cartographie-sig/fme-donnees-biodiversite-sigogne/>, (consulté le 20/06/2020).

Safe, FME Transformer Gallery, [en ligne]. Disponible sur <https://www.safe.com/transformers/>, (Consulté le 15/06/2020).

TAMAGNAN, D. et BETH, M. Etat de l'art des techniques récentes en auscultation topographique, [en ligne]. Disponible sur https://www.barrages-cfbr.eu/IMG/pdf/col2012-3-05-etat_de_l_art-auscultation_topographique.pdf, (Consulté le 23/02/2020).

VEREMES, Guide des Transformers FME 2020, [en ligne]. Disponible sur <https://www.veremes.com/wp-content/uploads/Guide-des-Transformers-FME-2020.pdf>, (Consulté le 23/06/2020).

Décrets, lois, circulaires, Arrêtés

Ministère de l'économie, de l'industrie et de l'emploi, Décret du 9 juin 2009 relatif à la normalisation [en ligne], journal officiel du 17 juin 2009 page 9860, disponible sur <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000020749979&categorieLien=id>, (consulté le 15/02/2020)

Ministère de l'intérieur, Arrêté du 9 mai 2006 portant approbation de dispositions complétant et modifiant le règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (parcs de stationnement couverts) (ERP) [en ligne], journal officiel du 8 juillet 2006 page 10259, disponible sur <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT0000000813938&categorieLien=id>, (consulté le 14/02/2020)

Ministère de la transition écologique et solidaire, Circulaire du 3 mars 1975 relative parc de stationnement couverts [en ligne], journal officiel du 6 mai 1975 page 4586, disponible sur https://aida.ineris.fr/consultation_document/8557, (consulté le 01/04/2020)

Normes

AFNOR, Dimensions des constructions - Parcs de stationnement à usage privatif - Dimensions minimales des emplacements et des voies, NF P91-120, Avril 1996, 12p.

AFNOR, Parcs de stationnement accessibles au public - Règles d'aptitude à la fonction - Conception et dimensionnement, NF P91-100, Mai 1994, 14p.

AFNOR, DTU 21 - Travaux de bâtiment - Exécution des ouvrages en béton - Partie 1-1 : cahier des clauses techniques types - Partie 1-2 : critères généraux de choix des matériaux (CGM) - Partie 2 : cahier des clauses administratives spéciales types, NF DTU 21, Juin 2017, 70p.

Table des annexes

Annexe 1 Tableau récapitulatif des textes réglementaires liés à la conception de parcs de stationnement.....	59
Annexe 2 Process norme NF P91-120	60
Annexe 3 Processus technique d'analyse NF P91-120	64
Annexe 4 Plan issu de l'automatisation (« Plan 1 »).....	72
Annexe 5 Plan issu de l'automatisation (« Plan 2 »).....	73

Annexe 1 **Tableau récapitulatif des textes réglementaires liés à la** **conception de parcs de stationnement**

Type de bâtiment	Seuils d'application	Textes réglementaires
Habitations	Moins de 100 m ²	Aucune prescription
Habitations	De 100 à 6 000 m ²	Arrêté du 31 janvier 1986 (articles 77 à 96)
Bureaux	Tout parc de stationnement intégré dans un immeuble de bureaux	Instruction technique annexée à la circulaire interministérielle du 3 mars 1975
ERP	Moins de 10 véhicules	Aucune prescription
ERP	De 10 à 1 000 véhicules	Arrêté du 9 mai 2006
ERP	Plus de 1 000 véhicules	Application de l'arrêté du 9 mai 2006 à compter du 1 ^{er} juillet 2006

Source : Fédération Française du Bâtiment

Annexe 2

Process norme NF P91-120

Choix de l'appareil

Au vu des différents tests réalisés, la méthode de mesure la mieux adaptée est la station totale, à la fois pour le levé des différents objets structures ainsi que pour les emplacements de stationnement. Ce moyen de mesure permet d'atteindre les précisions attendues tout en assurant un temps de levé et de traitement satisfaisant. Le distancemètre peut être utilisé afin d'effectuer un contrôle sur le levé, le levé de petits objets que l'on ne pourrait pas apercevoir à la station totale ainsi que pour la prise des hauteurs. Le scanner ne semble pas pertinent pour ce type de levé car la visibilité des marquages au sol dépend des caractéristiques du parc de stationnement.

Dans certains cas, il est possible que le levé des emplacements s'effectue au distancemètre (principalement lorsque ceux-ci ne sont pas encore tracés lors du levé du parc de stationnement). Les mesures à effectuer sont donc les suivantes :

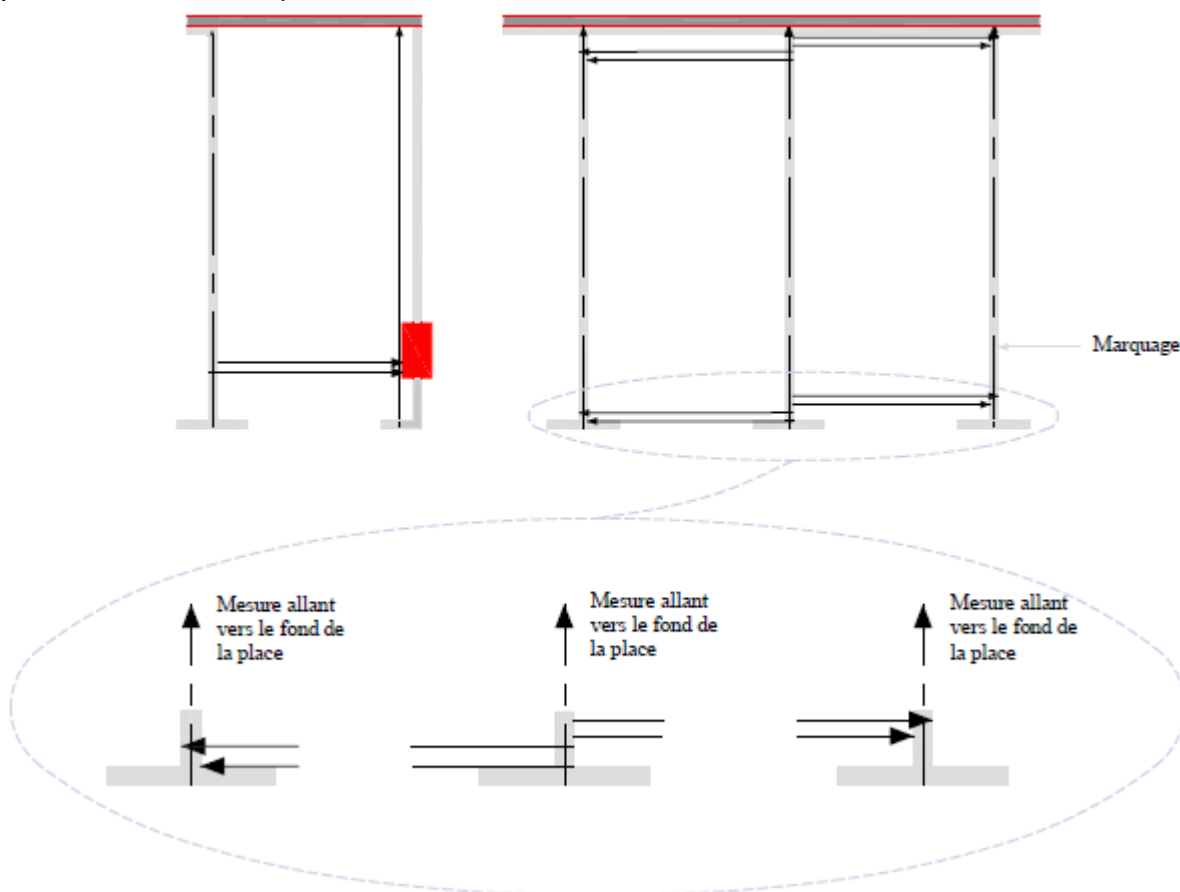


Figure 25: Mesure des emplacements au distancemètre

Phase Terrain

Concernant la phase levée, les différents éléments à prendre en compte sont les suivants :

- Les parois
- L'axe des rampes
- Obstacles
- Voies de circulation
- Hauteurs : les hauteurs sont au minimum 2,00 m sous obstacle, dans les rampes et voiries, et de 2,20 m sinon. Si une hauteur est largement supérieure à ce qui est énoncé dans la norme, il n'est pas nécessaire de la lever sauf habillage du plan. Pour les rampes, la mesure de la hauteur s'effectue de manière perpendiculaire par rapport à la surface de la rampe. Au niveau des emplacements, des gabarits pour les fonds d'emplacements existent et permettent l'aménagement de facilités pour le constructeur.

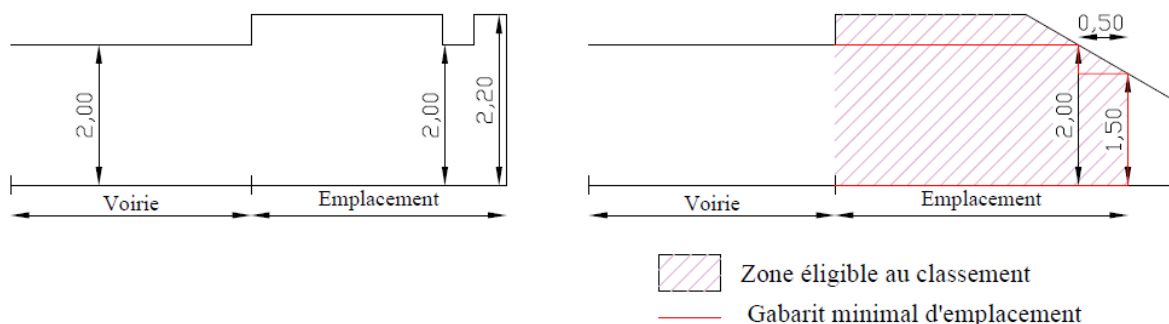


Figure 26: Hauteurs à lever

- Raccordements entre les rampes et les voiries
- Emplacements de stationnement

Durant la phase levée, la prise en compte des accessoires est primordiale. En effet, même si la norme indique que ceux-ci ne sont pas à prendre en compte, ils peuvent tout de même, à cause de leur positionnement, avoir un impact non négligeable pour le confort des usagers lors des opérations de manœuvres en agrandissant la taille d'un obstacle (par exemple le cas d'une gouttière). Ces éléments sont donc à lever lorsqu'ils constituent une gêne pour la manœuvre des véhicules.

Lors de la mesure des emplacements, le bullage de la canne est primordial. Il est aussi important de différencier les points à mesurer car une différenciation est à effectuer en fonction de la position de la mesure :

- Entre emplacements, la partie intérieure et extérieure de la bande sont à lever pour ensuite en matérialiser le centre sur le dessin
- Entre un emplacement et une autre zone (exemple la voirie), seule la partie extérieure de la bande est à lever

Il est important de fixer une hauteur pour la réalisation des mesures car cela permet d'unifier le levé. Nous pouvons fixer cette hauteur dans un intervalle compris entre 0,50 et 1,50 m car il s'agit de l'endroit où la carrosserie des véhicules est la plus large. Il faut toutefois prendre en compte les éléments de structure se situant à une autre hauteur et qui entraîneraient une possible réduction des proportions fixées par la norme.

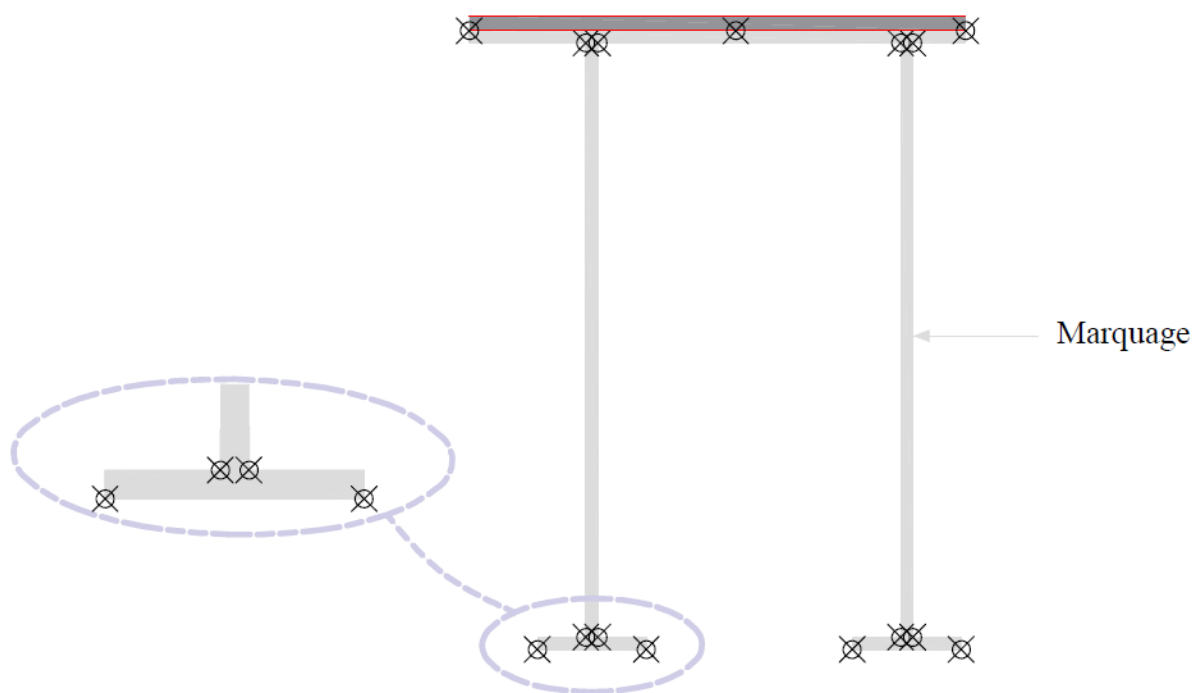


Figure 27: Points de mesure d'un emplacement avec le distancemètre

Phase bureau

Classement

Pour effectuer le classement des stationnements, un certain nombre de critères cumulatifs sont à respecter. Ainsi, si l'un d'entre eux n'est pas conforme, alors le stationnement ne peut pas être considéré comme appartenant à la catégorie de référence.

Les éléments qu'il faut identifier sont les suivants :

- Le débouché de voirie : les 4 premiers mètres par rapport à la voirie doivent avoir une pente de 5% maximum. Les mètres restant doivent avoir une pente inférieure ou égale à 18 %.
- Les rampes : les rampes doivent avoir une pente inférieure ou égale à 18 %. Leur dimensionnement est fourni dans l'abaque de la figure 8 de la norme NF P91-120. Le raccordement avec la voirie s'effectue selon la figure 9 de la norme. La hauteur doit être de 2,00 m et est mesurée perpendiculairement à la surface.
- Les voiries : les voiries en zones de stationnement doivent respecter les valeurs du tableau 2 de la norme NF P91-120. Hors zones de stationnement, elles doivent avoir une largeur au minimum de 2,80 m en sens unique et de 5,00 en double sens de circulation. Lors de la présence d'un îlot central, celui-ci est compris dans la largeur de la voie (la mesure de largeur s'effectue perpendiculairement). La hauteur doit être d'au moins 2,00 m.

- Les emplacements : Les emplacements sont considérés comme étant de catégorie de référence s'ils sont desservis par au moins une voie respectant les critères précédemment évoqués et si leurs dimensions (longueur et largeur) correspondent aux valeurs indiquées par la norme. La hauteur des emplacements doit être de 2,20 m et de 2,00 m sous obstacle. Les gabarits des figures 6 et 7 de la norme indiquent des gabarits d'emplacements.
- Le quota : un parc de stationnement respecte la norme NF P91-120 si au moins 90 % de ses stationnements sont des emplacements de référence.

La norme NF P91-120 dicte un certain nombre de dimensions concernant les emplacements en épi pour des angles par rapport à la voirie donnée. Les valeurs intermédiaires se situant entre ces angles sont à interpoler. Cependant, ces valeurs n'évoluent pas de la même manière. Ainsi, lorsque l'on rencontre ce cas, il serait plus cohérent de choisir les valeurs les plus importantes entre les deux dimensions données par la norme qui encadre cet angle.

Il convient de fixer aussi le classement des stationnements en fonction des voiries (rampes, largeurs, hauteurs). Pour qu'un emplacement soit de catégorie de référence, il faut, en plus du respect des dimensions dictées par la norme, que le stationnement soit desservi par au moins une voirie respectant l'ensemble des critères de la norme depuis l'entrée du parc de stationnement. Il ne suffit donc pas de regarder les caractéristiques des voiries juxtaposant l'emplacement.

Mise en place des préconisations

Les préconisations sont des moyens que l'on peut mettre en place pour essayer de faire rentrer le maximum d'emplacement en catégorie de référence. La préconisation à privilégier est la préconisation peinture. Dans le cas où seule la préconisation peinture est appliquée, différentes étapes sont à effectuer afin de regarder pour appliquer ces préconisations :

- On examine les différents endroits où les dimensions ne correspondent pas par rapport à la norme.
- On regarde si le parc de stationnement possède les caractéristiques suffisantes pour accueillir les emplacements ainsi que les voiries dans leurs dimensions minimales prévus par la norme.

Si cela est le cas, il faut alors redessiner les emplacements et voiries de manière à faire rentrer tous les éléments dans leurs dimensions de référence.

Dans le cas où l'on a besoin d'appliquer des préconisations structures et que les lieux le permettent :

- On regarde s'il est possible de faire rentrer les dimensions minimales des voiries et emplacements en grattant au maximum deux centimètres les parois et piliers.
- Si cela permet d'augmenter le nombre d'emplacements de référence, il faut alors appliquer la préconisation structure là où elle est nécessaire et redessiner les emplacements de stationnement.

Si cela n'est pas le cas, il faut appliquer seulement les modifications de marquage permettant de faire entrer le plus de stationnements possibles en emplacements de référence.

Annexe 3

Processus technique d'analyse NF P91-120

Étape 1 : Analyse du débouché de voirie et des rampes

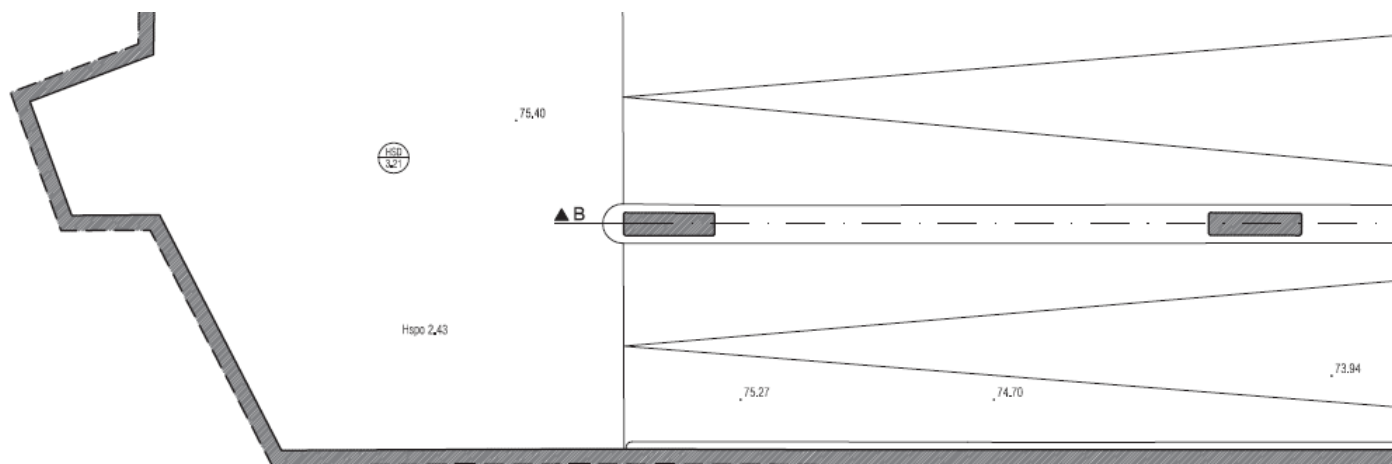
Le débouché de voirie ou les rampes ne sont pas toujours présents dans la totalité des plans. En effet, il est possible que l'analyse ne porte que sur une partie d'un parc de stationnement, cela dépend du devis réalisé en amont de la prestation.

Les rampes et débouchés de voirie sont définis par le calque « GEX_BAT_escalier_rampe ».

Étape 1.1 : Vérification de la pente

Il est nécessaire de séparer le débouché de voirie des autres rampes. Pour celui-ci, il faut tout d'abord identifier les quatre premiers mètres et en calculer la pente à l'aide des points de niveaux présents sur le plan. Celle-ci doit être inférieure ou égale à 5 %. Le reste de la pente doit être inférieur ou égal à 18 %. Le calcul de la pente s'effectue à l'aide des points de niveau présents.

Pour les rampes, on analyse la pente à l'aide du calque « GEX_MEP_txt_cot50_alti » qui contient les points altimétriques pris sur la rampe. La pente ainsi calculée ne doit pas dépasser 18 %.



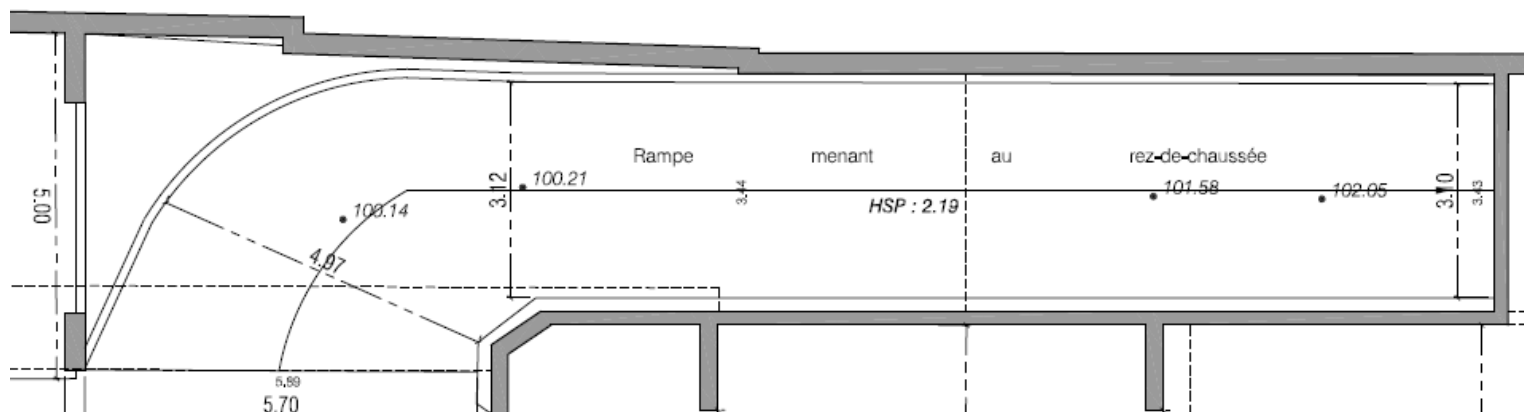
Étape 1.2 : Vérification des hauteurs et largeurs

Les hauteurs sont indiquées sur le plan et sont situées dans le calque intitulé « GEX_MEP_txt_cot50_alti ». Elles sont précédées du symbole « HSP » ou « HSPO » et doivent être supérieures ou égales à 2,00 m.

On effectue ensuite les cotations au niveau de la largeur de la rampe et de son rayon extérieur. Si celles-ci respectent la norme, on les place dans le calque « GEX_NFP91120_cot_class_A » et le cas contraire dans le calque « GEX_NFP91120_cot_class_B ».

Étape 1.3 : Vérification du raccordement des rampes

La vérification de ce raccordement s'effectue à l'aide des points de niveau sur la voirie et sur les rampes présentes dans le calque « GEX_MEP_txt_cot50_alti ».



Étape 2 : Analyse des voiries

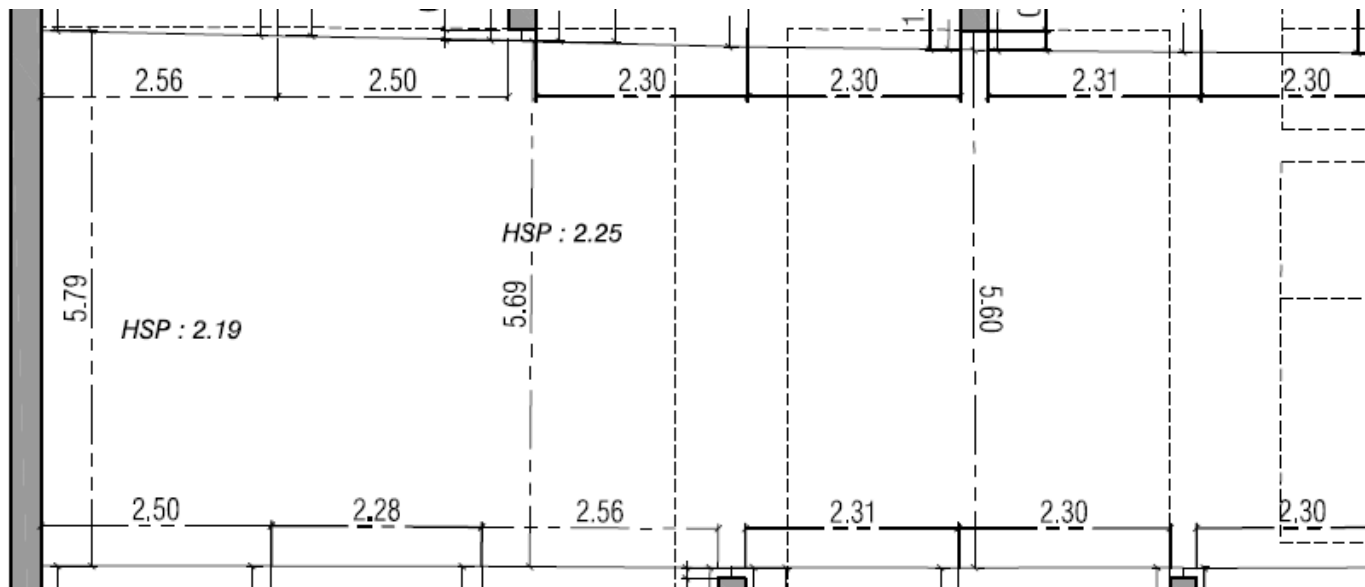
Étape 2.1 : Détermination de la desserte des voiries

- Si les voiries sont en zones de stationnement, il faut regarder le type de stationnement (bataille, créneau, épi) présent de chaque côté de la voirie car ceux-ci vont avoir un impact sur la largeur de voirie. Les voiries n'ont pas de calques qui leur sont propres, cela signifie qu'elles sont délimitées soit par des murs (GEX_BAT_mur), soit par les emplacements de stationnement (GEX_BAT_91-120_signalisation_horizontale)
- Dans le cas où il ne s'agit pas d'une zone de stationnement, les voies de circulation doivent avoir une largeur minimale de 5,00 m en double sens et de 2,80 m en sens unique (îlot central inclus).

Étape 2.2 : Détermination des dimensions de voiries

On réalise des cotations le long de la voirie. Celles-ci s'effectuent perpendiculairement à l'axe de la voirie. Si leurs valeurs sont inférieures aux dimensions prévues dans la norme, alors celles-ci vont dans le calque «GEX_NFP91120_cot_class_B» sinon, le calque sera « GEX_NFP91120_cot_class_A ».

On regarde ensuite la hauteur libre sur les voiries pour vérifier que celles-ci soient supérieures à 2,00 m.

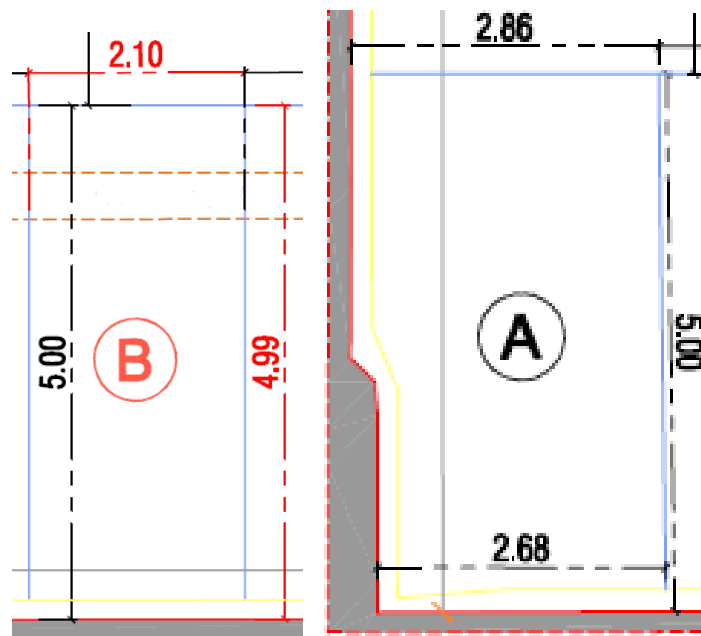


Étape 3 : Analyse des stationnements

Étape 3.1 : On évalue l'impact de l'obstacle sur le stationnement

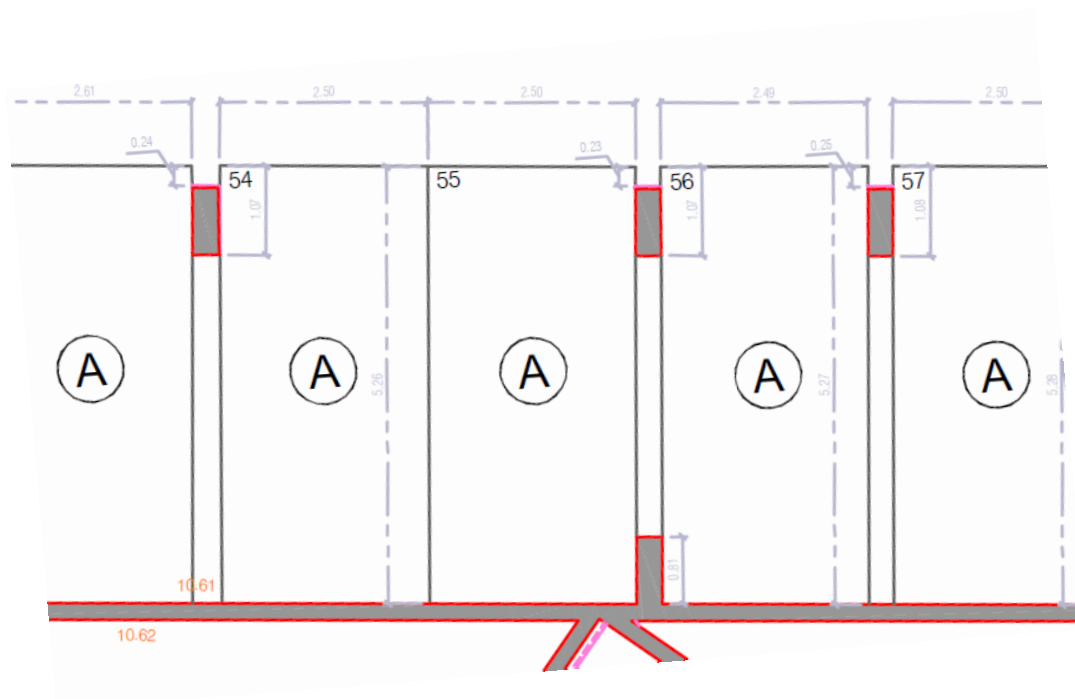
Si aucun obstacle n'est présent :

- On effectue les cotations de l'emplacement au niveau de sa longueur et de sa largeur. Les plus petites valeurs de ces dimensions seront utilisées pour le classement.
- Les cotations qui ne sont pas dans le seuil de la norme iront dans le calque «GEX_NFP91120_cot_class_B» sinon, on utilisera le calque « GEX_NFP91120_cot_class_A ».



Si un ou plusieurs obstacles sont présents :

- On effectue les cotations du ou des obstacles par rapport au début de la voirie et/ou par rapport au fond de l'emplacement. Ces cotations sont rangées dans le calque « GEX_NFP91120_cot_class_A ».
- On cote l'emplacement dans ses dimensions perpendiculairement (longueur et largeur). Les cotations de largeur s'effectuent au niveau de chaque obstacle, à l'endroit où celui-ci est le plus restrictif sur l'emplacement.
- Les cotations ne respectant pas la norme seront rangées dans le calque «GEX_NFP91120_cot_class_B» et les autres iront dans le calque « GEX_NFP91120_cot_class_A ».



Pour effectuer le classement de la place, on regarde si ses voies d'accès (débouché de voirie, rampes et voies de circulation) respectent la norme.

-

- Si une de ses dimensions n'est pas respectée (largeur, longueur, hauteur ou pente), alors on lui affecte le bloc « B » à ranger dans le calque « GEX_NFP91120_class_B ».

70

Étape 4 : Bilan

- Il faut tout d'abord compter le nombre de places appartenant à chaque classe d'emplacement. Dans le cas où le parc de stationnement possède plusieurs niveaux, ce décomptage doit s'effectuer niveau par niveau.
- On remplit ensuite le tableau Excel avec les résultats trouvés.

Niveau Parking	Classe A	Classe B	Total	Voies de desserte
Sous Sol	10	27	37	Conforme
Total	10	27	37	
%	% de Classe B <10%		73.0	

- On effectue le récapitulatif de la conformité des rampes niveau par niveau et on remplit le tableau correspondant.

Rampes	Pente <18%	Hauteur libre >2,20m	Débouché en voirie	Rcdnt des Rampes
RDC-SS	Non conforme	Non Conforme	Non analysable	Conforme

- On conclut sur le respect ou non de la norme NF P91-120.

CONCLUSION	PARKING NON CONFORME à la norme NFP 91.120 dans la limite des données exploitables
------------	---

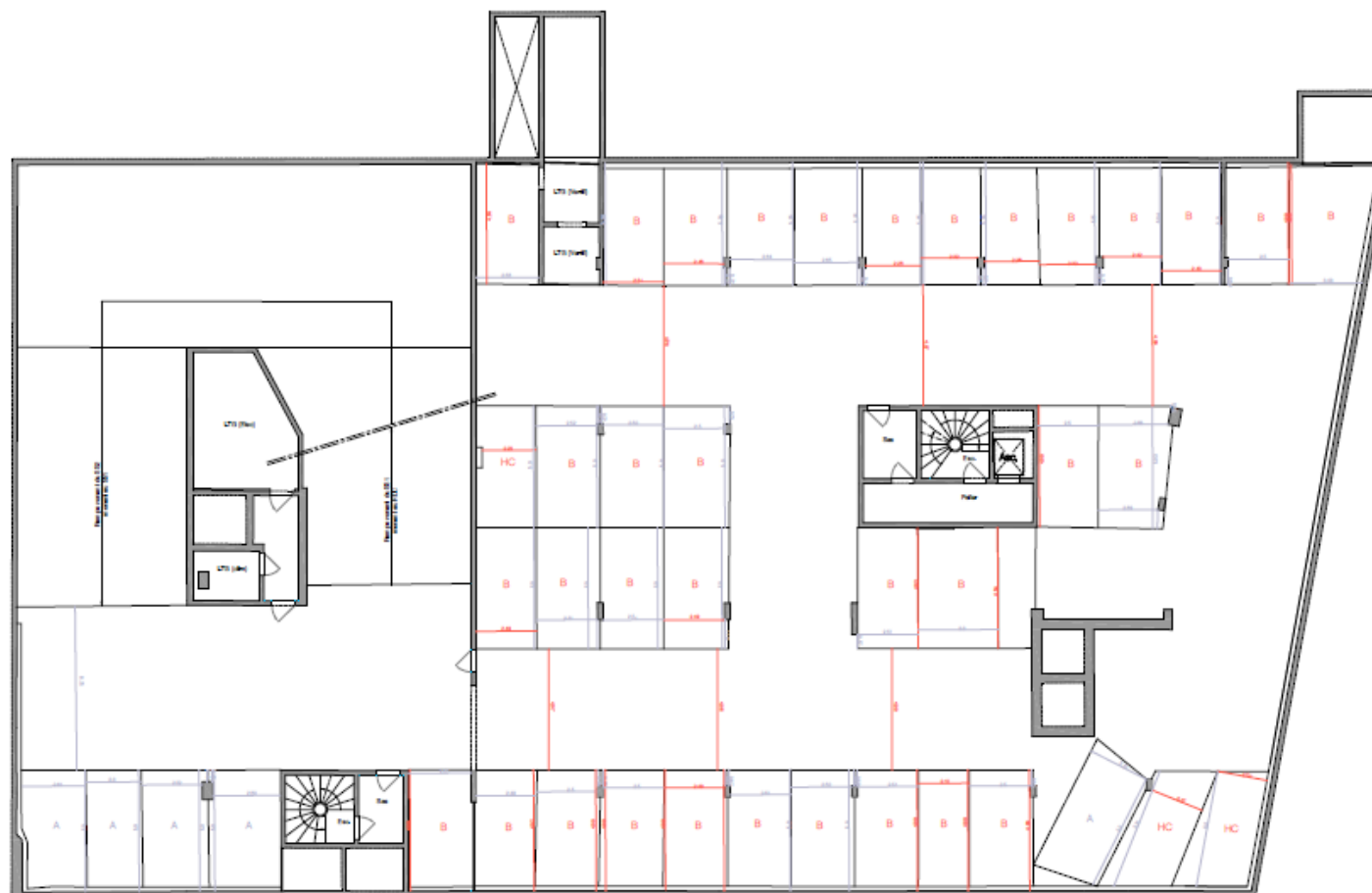
Annexe 4

Plan issu de l'automatisation (« Plan 1 »)



Annexe 5

Plan issu de l'automatisation (« Plan 2 »)



Liste des figures

Figure 1: Délimitation des emplacements en fonction de la norme de référence.....	13
Figure 2: Gestion des emplacements en créneaux.....	14
Figure 3: Gabarits de fond d'emplacement pour les stationnements en bataille (gauche) et en créneau (droite) pour la norme NF P91-120.....	16
Figure 4: Gabarit de fond d'emplacement pour des stationnements en bataille selon la norme NF P91-100	16
Figure 5 : Débouché de voirie pour les normes NF P91-100 et NF P91-120	17
Figure 6 : Extrait d'une ébauche de plan obtenu grâce à la codification	22
Figure 7: Tracé des bandes sur une coupe d'un nuage de points.....	27
Figure 8: Places de stationnement non dissociables.....	28
Figure 9: Influence de la prise de photo avec le scanner lors du levé	29
Figure 10 : Obstacle dépassant sur un stationnement.....	32
Figure 11 : Comparaison du rendu client avec le croquis réalisé sur le terrain.....	34
Figure 12 : Impact du tracé sur le positionnement d'un obstacle	35
Figure 13 : Modélisation graphique de deux types d'interpolation	39
Figure 14: Évolutions des différents paramètres.....	40
Figure 15 : Classification des stationnements actuellement utilisée par l'entreprise.....	42
Figure 16 : Impact de la voirie sur le stationnement	43
Figure 17 : Classement effectué selon la conformité de la voirie de desserte.....	44
Figure 18 : Positionnement de l'obstacle par rapport au stationnement	45
Figure 19 : Réduction géométrique de l'emplacement permettant d'éviter géométriquement l'obstacle	46
Figure 20: Polygone symbolisant la voirie.....	47
Figure 21: Modification dans la manière de tracé.....	48
Figure 22: Calcul de largeur incorrect pour les emplacements en épi (à gauche) par rapport à la norme (à droite)	51
Figure 23: Classement d'un stationnement obtenu par automatisation	52
Figure 24 : Cotation ne s'affichant pas à l'endroit le plus restrictif de la voirie	53

Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques des emplacements réduits pour la norme NF P 91-100	12
Tableau 2 : Largeur de la place en fonction de l'obstacle	15
Tableau 3: Temps de réalisation du plan au scanner.....	31
Tableau 4: Écarts obtenus entre les différentes interpolations	40
Tableau 5: Comparaison des résultats de l'automatisation avec des analyses effectuées manuellement	51

Détermination d'une méthodologie pour l'analyse de parc de stationnement selon la norme NF P91-100 et NF P91-120.

Mémoire d'Ingénieur C.N.A.M., Le Mans, 2020

RESUME

Les normes NF P91-100 et NF P91-120 traitent des dimensions minimales des objets structurant respectivement les parcs de stationnement à destination du public et à usage privé. Ces documents ne présentent aucune tolérance et font preuve de nombreuses imprécisions. Cela implique la détermination d'une méthodologie globale allant de la mesure des places au dessin.

Les différents tests réalisés ont permis de déterminer que la station totale était le meilleur moyen pour mesurer les stationnements, à la fois lors du levé, mais aussi lors du traitement. Celui-ci, s'effectue aujourd'hui manuellement et prend beaucoup de temps. Il a donc été décidé de mettre en place un processus d'automatisation.

Mots clés: normes, NF P91-120, NF P91-100, parc de stationnement, tolérances, méthode, dessin, mesure, préconisation, automatisation.

SUMMARY

Standards NF P91-100 and NF P91-120 address the minimum dimensions of objects that structure public and private parking lots. These documents show no tolerance and numerous inaccuracies. This implies the determination of an overall methodology that goes from measures of places to drawing.

The various tests carried out determined that the total station was the best way to measure parking, both during the survey and during the treatment. It is now done manually and takes a lot of time. So it has been decided to implement an automation process.

Key words: standards, NF P91-120, NF P91-100, parking, tolerances, drawing, methods, measure, recommendation, automating.