

## Eléments du tracé

### Introduction

Un tracé de voie ferrée est caractérisé par un profil représentant la géométrie de la ligne ferroviaire suivant les deux plans : vertical ; c'est le profil en long ; horizontal, c'est le profil en plan.

- **Profil en long** ; Le profil en long indique :

- le repérage en Points Kilométriques;
- l'altitude ;
- la déclivité : la rampe ; la montée, la pente ; la descente, le palier est l'horizontale.

- **Profil en plan** ; Le profil en plan indique la trajectoire de la ligne :

- l'alignement est la voie en ligne droite ;
- la courbe est caractérisée par son rayon;
- la contre-courbe est la courbe en sens inverse succédant à une courbe.

Il faut étudier et calculer soigneusement les éléments du tracé afin d'assurer la sécurité, le confort et le développement économique tout en respectant l'environnement de la voie ferrée.

### Le tracé en plan

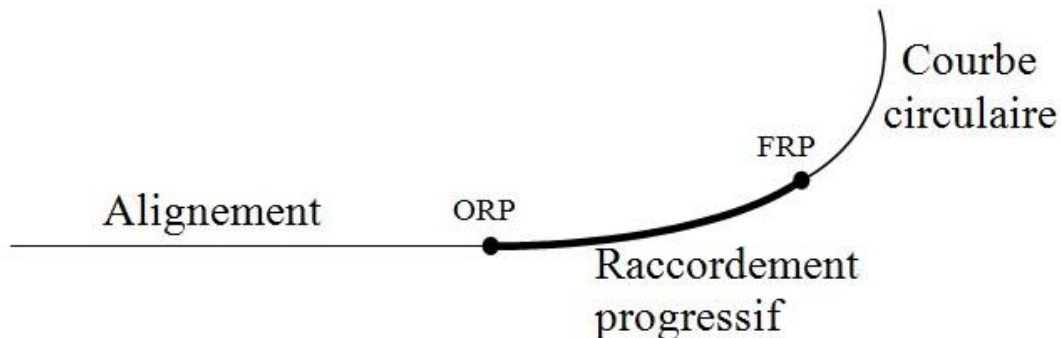
Le tracé en plan est constitué par une succession de segments de droites raccordés entre eux par des arcs de cercles, c'est une projection horizontale sur un repère cartésien topographique de l'ensemble des points définissant le tracé de la voie ferrée. Afin d'assurer une bonne réalisation, il faut respecter certaines conditions.

#### Règles à respecter pour Le tracé en plan :

- Eviter de passer sur les terrains agricoles, zones forestières et les sites archéologiques.
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- Adapter le tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Eviter les propriétés privées pour des raisons morales et économiques (expropriations).
- Utiliser le maximum d'alignements droits dans la mesure du possible, dont la longueur est au moins égale à la longueur du véhicule (environ 115 m), pour faciliter le mouvement des trains (accélération, freinage).
- Se raccorder sur les réseaux existants.
- Éviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts, ou d'éviter de les franchir obliquement, et cela pour des raisons économiques.

### Les éléments de tracé en plan

L'axe du tracé en plan est constitué par des alignements et des courbes circulaires, et parfois on utilise des raccordements progressifs.



**ORP** : Origine de raccordement progressif,

**FRP** : Fin du raccordement progressif.

#### IV-1. Les alignements

Un alignement droit est une courbe de rayon infini ( $R=\infty$ ) (de courbure nulle ( $\rho=0$ )), il sert de raccordement entre deux arcs de cercles ; sur le plan technique c'est le meilleur tracé qui convient aux voies ferrées.

#### IV-2. Les courbes circulaires

Dans les zones où la topographie ne permet pas de réaliser les alignements, on fait recours aux raccordements circulaires avec le plus grand rayon possible qui est fonction de la vitesse de circulation des trains dans la courbe. Une courbe circulaire est une courbe de rayon bien déterminée, éventuellement Ils servent à relier deux alignements droits.

#### IV-3. Les courbes de raccordement

Le passage d'un alignement à une courbe en dévers ne peut s'effectuer de façon instantanée, une variation progressive est nécessaire tant pour le confort des voyageurs et pour l'inscription des véhicules dont l'inertie est importante et aussi pour éviter le choc de l'action de la force centrifuge, ce qui n'est possible qu'en faisant varier progressivement la courbure, cette variation progressive de la courbure sur une certaine distance, permet de faire varier progressivement le dévers depuis sa valeur nulle en alignement à la valeur « **d** » prescrite pour la courbe considérée, ainsi que l'insuffisance de dévers correspondante.

La courbe satisfaisante ces conditions est la « **clothoïde** », son équation est :

$y = (x^3 / 12pR)$ , appelé couramment raccordement parabolique connu sous le nom de **NORDLING**.

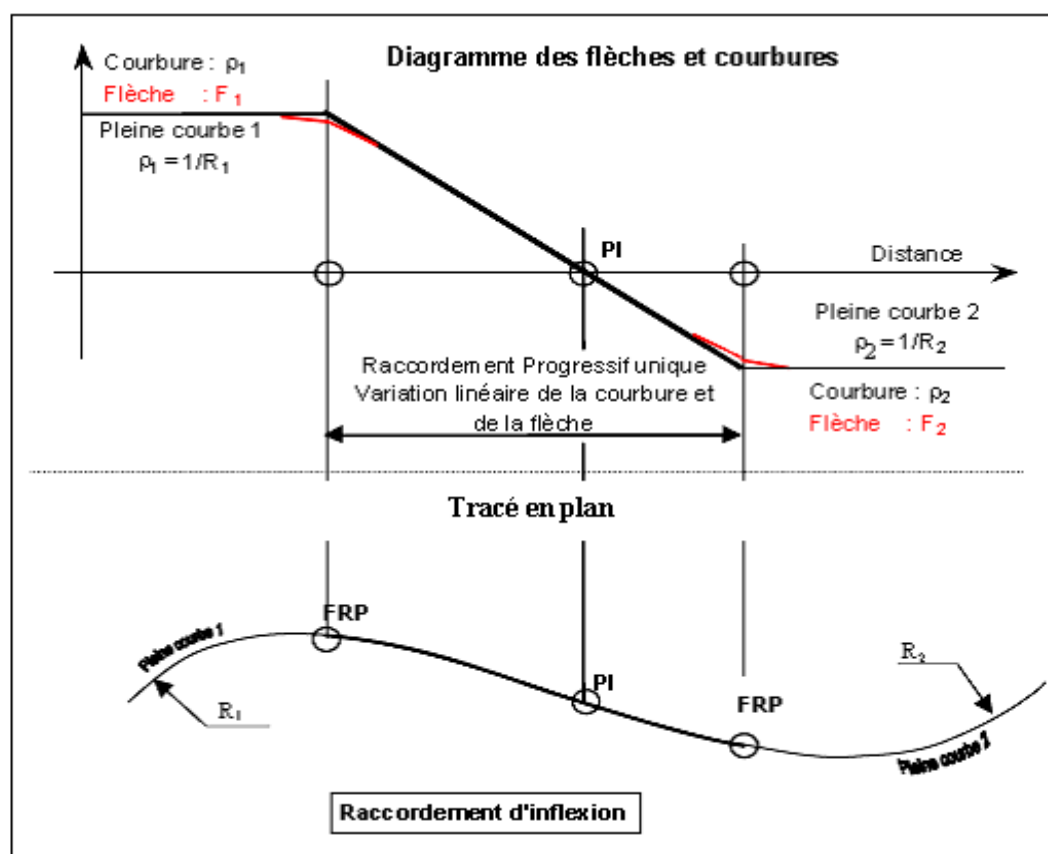
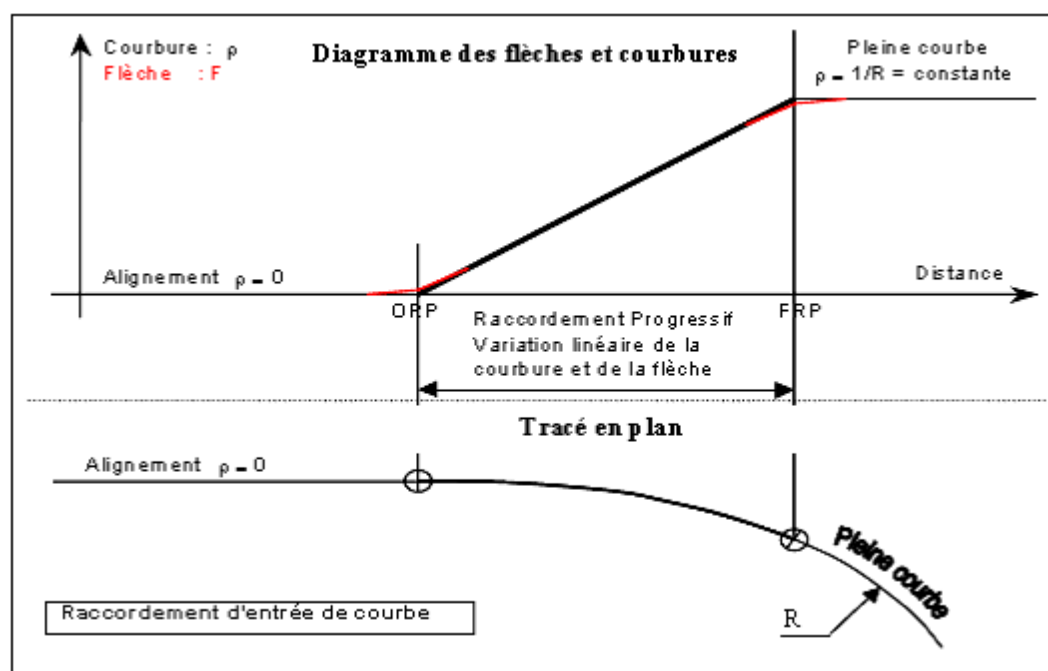
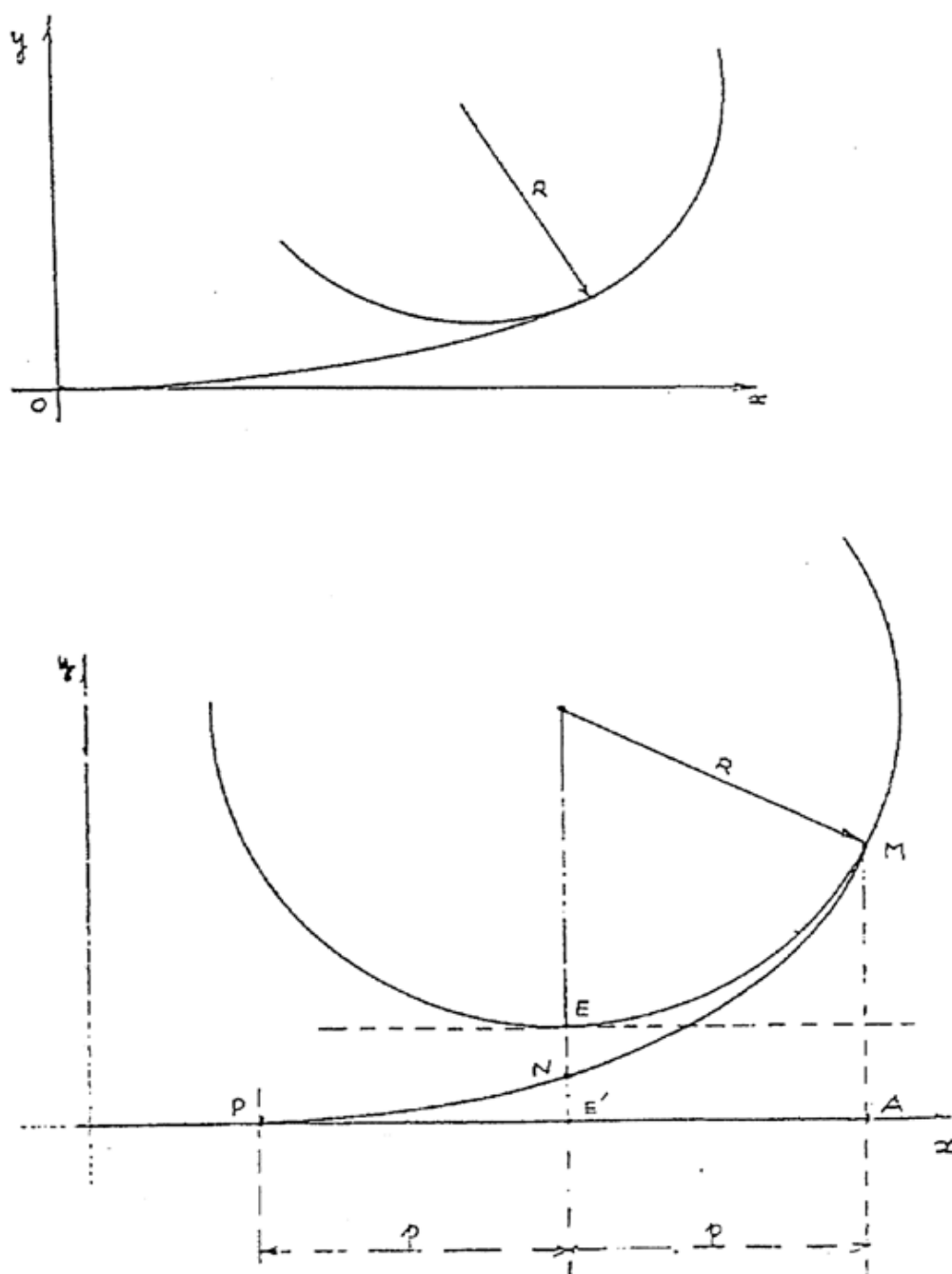


Figure 1 :



## **PROPRIETES DU RACCORDEMENT PARABOLIQUE**

Pour pouvoir tracer un raccordement parabolique, il est nécessaire qu'un décalage existe entre l'alignement et l'arc de cercle ; il est en effet impossible de raccorder par une courbe à courbure progressive un alignement et un arc de cercle qui lui serait tangent.

### **-Longueur du raccordement :**

$$2p = d / \Delta d \quad d = \text{dévers} \quad \Delta d = \text{variation du dévers}$$

### **-Valeur du décalage :**

$$EE' = p^2 / R$$

### **-Ordonnée de M par rapport à xx' :**

$$y = 2p^2 / R$$

### **-Ordonnée de N :**

$$y = p^2 / 12R \quad N \text{ est le milieu de } EE'$$

## **Valeurs minimales des éléments de tracé**

### **▪ Les longueurs minimales des alignements**

Afin d'amortir suffisamment le balancement de la caisse des véhicules, des longueurs minimales ont été fixées pour les éléments de tracé. Les doucines (arrondis du diagramme des flèches centré sur une origine ou une fin de raccordement progressif) ont des longueurs normales comprises entre 30 et 40 mètres, exceptionnellement 20 mètres.

Les longueurs minimales des alignements et des pleines courbes, entre milieux de doucines, doivent respecter les valeurs exprimées en mètres ci-après (la vitesse  $V$  est exprimée en km/h) :

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| Valeur limite normale        | $V/2$ |
| Valeur limite exceptionnelle | $V/3$ |

La longueur minimale normale entre milieux de doucines est de 60 mètres, exceptionnellement 50 mètres. Cependant l'alignement entre deux courbes proches de sens contraires peut être inexistant. Dans ce cas, le raccordement entre deux courbes se fait par un raccordement progressif (RP) d'inflexion.

### Rayon minimum de l'alignement circulaire

La valeur du rayon minimum admissible est limitée pour assurer, en fonction des vitesses de circulation, le confort des voyageurs et éviter que les efforts transversaux sur la voie ne soient trop importants.

Le rayon minimum (normal et exceptionnel), sera défini à partir de l'insuffisance de dévers admissible pour les vitesses maximales et à partir de l'excès de dévers pour les vitesses minimales sans que le dévers maximum ne soit dépassé.

Le rayon minimum de la courbe devra être déterminé comme suit :

- Pour la vitesse minimale de circulation des trains (trains lents), l'excès de dévers (**E**) devra être inférieur à la valeur maximum admissible.
- Pour la vitesse maximale de circulation des trains (trains rapides), l'insuffisance de dévers (**I**) devra être inférieure à la valeur maximale admissible.

Donc le rayon minimum doit se traduire par l'équation suivante :

$$\frac{a}{g} * \frac{V_{\min}^2}{d_{\max} - E} \geq R \geq \frac{a}{g} * \frac{V_{\max}^2}{d_{\max} + I}$$

**R** : rayon minimum.

**d<sub>max</sub>** : le dévers maximal ;

**a** : l'écartement de la voie

**g** : l'accélération de la pesanteur.

**V<sub>max</sub>** : Vitesse maximale.

**V<sub>min</sub>** : Vitesse minimale.

**E** : Excès de divers.

**I** : Insuffisance de divers.

La valeur minimale normale du rayon en voie principale est de 200 m. Dans des situations particulièrement contraignantes, le rayon limite exceptionnel peut être abaissé jusqu' à 150 m moyennant l'adoption de dispositions particulières éventuelles (pose de contre-rail, graissage des rails, suivi particulier de la géométrie...). Ces cas doivent faire l'objet d'études dans le cadre de l'instruction d'une demande de dérogation.

### Profil en long :

Le profil en long de la voie est constitué de pentes uniformes reliées entre elles par des courbes circulaires.

Le profil longitudinal sera défini par la projection horizontale de la cote de **la file basse des rails** des voies sur un plan vertical passant par l'axe du tracé.

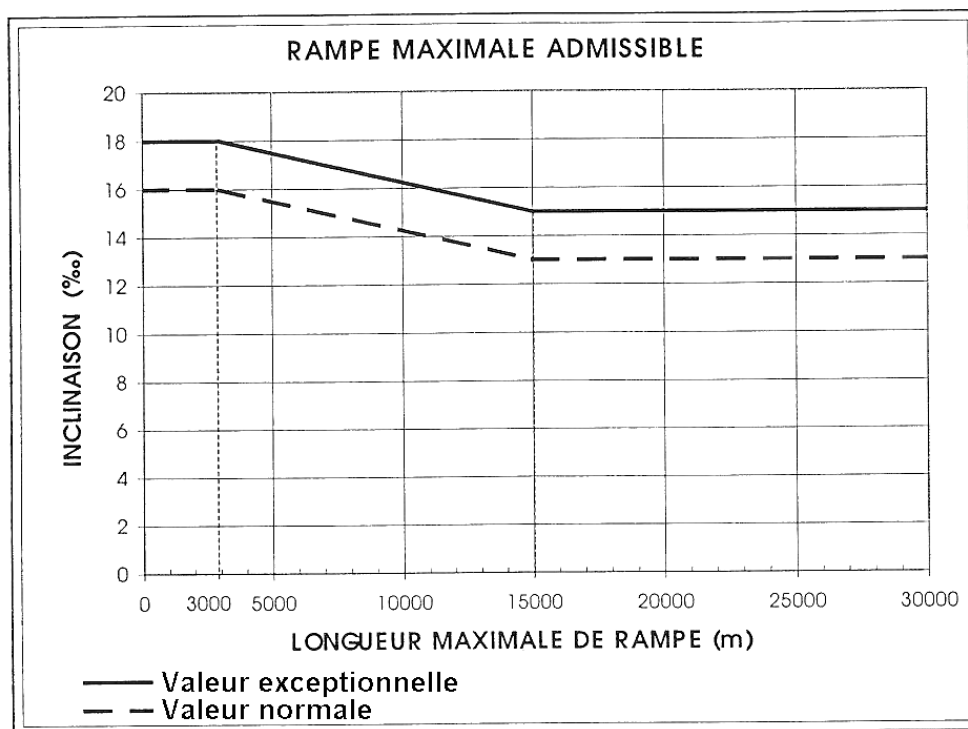
### 1.5.1 Déclivité maximale

La déclivité admise varie en fonction de sa longueur.

En principe, les valeurs admissibles à ne pas dépasser sont indiquées ci-après ; cependant dans le cadre d'une étude de variante, ces valeurs pourront être dépassées tout en respectant les dispositions reprises dans la dernière version de l'instruction SNCF/RFF IN 0272.

- En déclivité de longueur inférieure à 3000 m, elle ne doit pas dépasser 16‰ et exceptionnellement 18‰.
- En déclivité de longueur comprise entre 3000 m et 15000 m, elle diminue graduellement pour passer de 16‰ à 13‰, exceptionnellement de 18‰ à 15‰.
- En déclivité de longueur supérieure à 15000 m, la déclivité ne doit pas dépasser 13‰ et exceptionnellement 15‰.

Le tableau ci-après précise la valeur de la déclivité en fonction de sa longueur d'application :



### Rayon admissible en raccords de profil en long

Les valeurs des rayons minimums admissibles en profil en long sont limitées pour tenir compte des considérations suivantes :

- Lorsqu'un véhicule franchit à une vitesse « **V** » un raccordement de profil en long de rayon **R<sub>v</sub>**, il est soumis à une accélération centrifuge :

$$a_v = \frac{V^2_{\max}}{12.96 \cdot R_v} \leq a_{v \text{ rec}} (\text{m}^2/\text{s})$$

Cette accélération doit être limitée afin de ne pas perturber le confort des passagers. En conséquence, le rayon minimum adopté pour le profil en long sera également limité pour ne pas dépasser cette accélération à la vitesse maximale de circulation.

- Les raccordements de profil en long sont définis par des raccordements circulaires, sans courbes de transition entre les pentes et le raccordement. Cela entraîne une accélération verticale brutale aux extrémités du raccordement, qui provoque une oscillation de la suspension du véhicule et perturbe le confort des voyageurs.

Pour restreindre la variation brutale d'accélération verticale pour les circulations à vitesse maximale, on doit limiter le rayon minimum de ces courbes.

Il en résulte ci-dessous les limites des valeurs des rayons de raccordement en profil, exprimés en mètres, à respecter (la vitesse  $V$  est exprimée en km/h) :

|                                                                     |            |
|---------------------------------------------------------------------|------------|
| Valeur normale                                                      | $0,35 V^2$ |
| Valeur exceptionnelle                                               | $0,25 V^2$ |
| Points particuliers à des vitesses inférieures ou égales à 140 km/h | $0,15 V^2$ |

### Détermination de la longueur minimale des pentes uniformes et des raccordements en profil

Entre deux accélérations verticales brutales, un temps assez long doit s'écouler afin de permettre à la suspension d'amortir le choc et d'éviter les effets conjugués de plusieurs accélérations rapprochées, sources d'oscillations importantes du véhicule.

La valeur de la longueur minimale des déclivités constantes est donc limitée à :

|                                |           |
|--------------------------------|-----------|
| Valeur minimale normale        | $V / 2$   |
| Valeur minimale exceptionnelle | $V / 2,5$ |

La longueur minimale des raccordements de déclivité est de 30 m pour tenir compte des bases de nivellement des bourreuses.

### Le dévers

Au niveau des courbes, les véhicules ferroviaires sont soumis à une accélération centrifuge, engendrant ainsi une force centrifuge qui tends à les pousser vers l'extérieur, pour palier à ce problème et annuler l'effet de l'accélération centrifuge, une solution consiste à l'incliner le plan de roulement en créant une dénivellation entre les deux files de rails qui est appelé

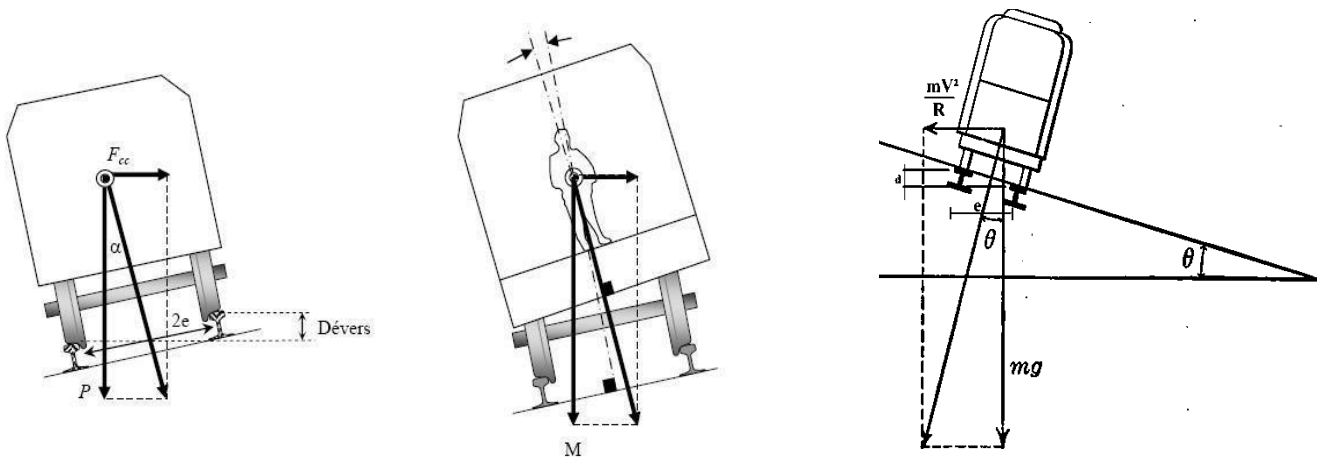
dévers est notée « **d** ». Le dévers sera réalisé en surélevant le rail extérieur par rapport au rail intérieur, ou par abaissement du rail intérieur par rapport au rail extérieur. La variation du dévers à l'entrée et à la sortie d'une courbe sera continue tout au long de la courbe de transition.

### Dévers théorique

Dans les courbes, tout mobile en déplacement, est soumis à une force centrifuge proportionnelle au carré de la vitesse de déplacement et inversement proportionnelle au rayon de la courbe, le dévers a été créé Pour compenser l'effet de cette force centrifuge.

Soit un véhicule de poids  $P$  et vitesse  $V$ , roulant sur une courbe de rayon  $R$ , tel que ;

- La force centrifuge :  $F = \frac{m V^2}{R}$ .
- Le poids ;  $P = m.g$



Sur le plan de roulement (x ; x) ;  $F_{cx} - P_x = 0$

On a :  $\sin \alpha = P_x / P \Rightarrow P_x = P \cdot \sin \alpha$

$\cos \alpha = F_{cx} / F \Rightarrow F_{cx} = F \cdot \cos \alpha$

$F \cos \alpha - P \sin \alpha = 0 \Rightarrow F \cos \alpha = P \sin \alpha \Rightarrow \frac{F}{P} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha$

On a :  $\tan \alpha = \frac{d}{e} \Rightarrow \frac{m V^2}{R m g} = \tan \alpha = \frac{d}{e}$  , alors :  $\frac{V^2}{R} = g \frac{d}{e}$

$V$  : en m/s => km/h

$e$  : entre axes des rails :  $e = 1435 + 65 = 1500 \text{ mm}$  (65 largeur du champignon).

$g$  : accélération de la pesanteur  $= 9.81 \text{ m/s}^2$ .

$$\frac{V^2}{(3.6)^2 R} = 9.81 \frac{d}{1500} \Rightarrow d = \frac{1500 V^2}{9.81 (3.6)^2 R}$$

Le dévers théorique est :  $d_{th} = 11.8 \frac{V^2}{R} \text{ (mm)}$

### Dévers minimum et insuffisance de divers

#### Dévers prescrit ( $d_p$ )( $d_{max}$ )

Le dévers à mettre en voie doit permettre la circulation, dans des conditions normales de sécurité et de confort, aussi bien des trains rapides de voyageurs et des trains lents de marchandises, sa valeur est donnée par :

$$d_p = 11.8 \frac{V_{max}^2}{R} - I_{max}$$

$I_{max}$  : l'insuffisance de divers maximum autorisée.

#### Dévers maximum admissible $d_{max}$ :

Le dévers maximum est limité afin de ne pas perturber le confort des voyageurs et d'éviter le déplacement de marchandises **lors de l'arrêt impromptu du train** fret dans une courbe.

Valeur maximale normale du dévers :  $d_{max} = 160\text{mm}$

Valeur maximale exceptionnelle du dévers :  $d_{max} = 180\text{mm}$

#### Insuffisance de dévers maximale admissible $I$ :

Afin d'assurer la sécurité des circulations, le confort des voyageurs et un coût raisonnable de l'entretien de la voie, l'accélération non compensée doit être limitée.

Valeur maximale normale de l'insuffisance du dévers :  $I_{max} = 150\text{mm}$

Valeur maximale exceptionnelle du de l'insuffisance dévers :  $I_{max} = 160\text{mm}$

#### Excès de dévers maximal admissible $E_{max}$ :

En pratique, rouler au dévers théorique est impossible car les trains roulent souvent à des vitesses nominales différentes selon leur nature (trains de marchandises ou trains de voyageurs) ou à des vitesses réelles différentes pour une même vitesse nominale. Le devers réel choisi est normalement un peu inférieur au dévers théorique sans dépasser certaines limites.

- Si on adopte pour vitesse  $V$ , la vitesse  $V_{max}$  des trains de voyageurs, leur confort serait parfaitement assuré. Par contre, les trains de marchandises plus lents auront un démarrage difficile sinon impossible en cas d'arrêt dans les courbes et en outre risqueraient l'écrasement du champignon.
- Si on adopte pour vitesse  $V$ , la vitesse  $V_{min}$  des trains de marchandises, le dévers serait nettement insuffisant pour les trains de voyageurs, ce qui se traduirait par un inconfort pour eux.

On adopte alors une solution de compromis donnant une insuffisance de dévers  $I$  pour les trains de voyageurs plus rapides et un excès  $E$  de dévers pour les trains de marchandises plus lents.

L'excès de dévers augmente les efforts exercés sur le rail intérieur par les trains lents, plus spécialement les trains de fret qui ont habituellement des masses par essieu plus élevées, pour cette raison sa valeur est limitée afin d'éviter l'usure prématurée du rail intérieur dans les courbes. Si les trains les plus rapides circulent avec une insuffisance de dévers, les trains lents sont alors souvent en excès de dévers.

La formule permettant de déterminer l'excès du dévers est donnée par ;

$$d_{\max} = 11.8 \frac{V_{\min}^2}{R} + E_{\max}$$

Les valeurs maximales admissibles pour l'excès du dévers sont dépendent de l'intensité du trafic quotidien des trains marchandises données au tableau suivant :

| IMPORTANCE DU TRAFIC                    | LIMITE NORMALE | LIMITE EXCEPTIONNELLE |
|-----------------------------------------|----------------|-----------------------|
| Très important<br>supérieur à 45000 t/j | 70mm           | 105mm                 |
| Important<br>de 25000 à 45000 t/j       | 80mm           | 115mm                 |
| Moyen<br>de 10000 à 25000 t/j           | 90mm           | 125mm                 |
| Faible<br>moins de 10000 t/j            | 100mm          | 135mm                 |

#### Dévers réel (normal) :

Une première approche adoptée par SNTF, consiste à fixer le dévers normal à **70%** du dévers théorique (**limite normale à 160**) ;

$$d = 0.7 \frac{11.8 V_{\max}^2}{R} \leq 160\text{mm}$$

#### Coefficient de dévers, dévers prescrit :

Le choix d'un coefficient de proportionnalité **C** (appelé coefficient de dévers), entre le dévers prescrit **dp** et la courbure (**1/R**), permet de respecter simultanément les valeurs limites normales (ou, dans certains cas, exceptionnelles) des paramètres suivants : dévers, insuffisance de dévers, excès de dévers, variation de dévers, variation d'insuffisance de dévers.

Le dévers prescrit se calcule par : **dp = 1000  $\frac{C}{R}$**

La valeur optimale du coefficient de dévers étant de l'ordre de : **C = 0,006 × V<sub>max</sub><sup>2</sup>** (V étant la

vitesse du train le plus rapide en km/h), doit être un multiple de 15.

### Influence du trafic mixte sur la valeur de dévers

L'insuffisance et l'excès du devers forment une fourchette indiquant les possibilités de devers à effectuer en pleine courbe, il faut s'approcher soit de la limite supérieure ou inférieure, selon l'importance du trafic voyageurs et marchandise et la dispersion des vitesses. Le devers est déterminé en respectant les valeurs limites d'insuffisance de dévers (150) et d'excès de dévers (110) :

$$\frac{11.8 V_{\max}^2}{R} - 150 \leq d \leq \frac{11.8 V_{\min}^2}{R} + 110$$

Dévers, coefficient de dévers, et rayon minimum :

$$d_{(R_{\min})} = \frac{V_{\max}^2 \cdot E_{\max} + V_{\min}^2 \cdot I_{\min}}{V_{\max}^2 - V_{\min}^2}$$

$$R_{\min} = \frac{11.8 \cdot V_{\max}^2}{d_{(R_{\min})} + I_{\max}}$$

$$C = \frac{R_{\min} \cdot d_{(R_{\min})}}{1000}$$

$$d = 1000 \frac{C}{R} = \frac{R_{\min} \cdot d_{(R_{\min})}}{R}$$

### Installation du divers :

L'installation du divers se fait progressivement sur certaine longueur appelée rampe de raccordement du devers, la variation de dévers est constante le long de la rampe pour faciliter la pose, le contrôle et l'entretien.



### Limite de la variation de dévers dans les courbes de transition

Du fait de la variation du devers dans les courbes de transition, les deux rails forment un «gauche» qui nuit à la stabilité des véhicules. Dont la vitesse de montée ou de descente d'un rail par rapport à l'autre pour un véhicule : 50 mm/s (maxi 60 mm/s).

Afin d'éviter que les surcharges et les délestages puissent déstabiliser les circulations et les faire dérailler, la longueur des courbes de transition sera fonction du dévers adopté et du taux de variation de dévers admissible « **gauche** », selon la relation suivante :  $\frac{\Delta d}{\Delta l}$

Le gauche maximal admissible est donné par :  $\frac{\Delta d}{\Delta l} \leq \frac{180}{V_{\max}} \leq 4 \text{ (mm/m)}$

La valeur exceptionnelle est :  $\frac{\Delta d}{\Delta l} \leq \frac{216}{V_{\max}} \leq 4 \text{ (mm/m)}$

**Longueur minimale de la rampe de dévers (d en mm et V en km/h) :**

$$l_{\min} = \frac{d \cdot V_{\max}}{180} \text{ (m)}$$

Exceptionnellement :  $l_{\min} = \frac{d \cdot V_{\max}}{216} \text{ (m)}$

La longueur de la rampe doit être :

$$l \geq 0.4V_{\max} \geq 30\text{m} \text{ et } l < R/4$$

### **Variation d'insuffisance de dévers:**

Des que la vitesse des trains est supérieure a la vitesse d'équilibre, le voyageur ressent l'effet de la force centrifuge non compensée, due a l'insuffisance de devers .dans le raccordement parabolique cette force est croissante et le voyageur doit s'adapter progressivement, et si possible inconsciemment a l'insuffisance constante de la pleine courbe.

Sur la longueur de la courbe de raccordement l'insuffisance de dévers varie de zéro en alignement à sa valeur maximale **I** en pleine courbe.

La variation de l'insuffisance de dévers peut être calculée par :  $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{I \cdot V}{3,6 \cdot L_{RP}} \text{ (mm/s)}$

**L<sub>RP</sub>** : longueur du raccordement parabolique(m).

**I** : Insuffisance dans la pleine courbe (en mm),

Les valeurs limites sont :

Valeur limite normale **75mm/s**.

Valeur limite exceptionnelle **90mm/s**.

## **APPAREILS DE VOIE**

### **TPOLOGIE DES APPAREILS DE VOIE**

La typologie des appareils de voie sera déterminée en fonction des spécifications mentionnées dans le cahier des charges et des vitesses de circulation retenues dans le schéma des installations, ainsi que suivant les normes techniques.

Ces appareils devront permettre des vitesses de franchissement en voie déviées comprises entre **60 et 220 km/h**.

## CONDITIONS D'IMPLANTATION

### Conditions générales

Les appareils de voie seront implantés en déclivité constante. Il en sera de même des communications.

Les appareils de voie seront implantés en alignement mais pourront exceptionnellement être posés en courbe dans les zones particulièrement difficiles notamment dans les zones de raccordement entre la ligne nouvelle et la ligne existante.

D'autre part, dans les zones situées à proximité d'un ouvrage d'art, les appareils de voie devront être situés à des distances minimales qui sont fonction de la longueur  $L$  de celui-ci:

| Distances minimales | Longueur de l'appareil                                              |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------|
| $\geq 20\text{m}$   | $L \leq 30 \text{ m}$                                               |
| $\geq 50 \text{ m}$ | $30 \text{ m} < L \leq 90 \text{ m}$                                |
| $\geq 50 \text{ m}$ | $L > 90 \text{ m}$ depuis le côté opposé à l'appareil de dilatation |

Si la longueur  $L$  rend obligatoire l'installation d'un appareil de dilatation, l'appareil de voie devra être implanté à une distance minimale de **100 m** de l'extrémité de celui-ci.

### Règles d'implantation

#### En tracé en plan

L'implantation des appareils de voie s'effectuera conformément aux longueurs minimales du tracé retenues ci-dessous :

En pointe :

La longueur minimale d'alignement ( $L_1$ ) devra être égale à  $V_d/2$ ,  $V_d$  étant la vitesse exprimée en km/h de franchissement en voie déviée.

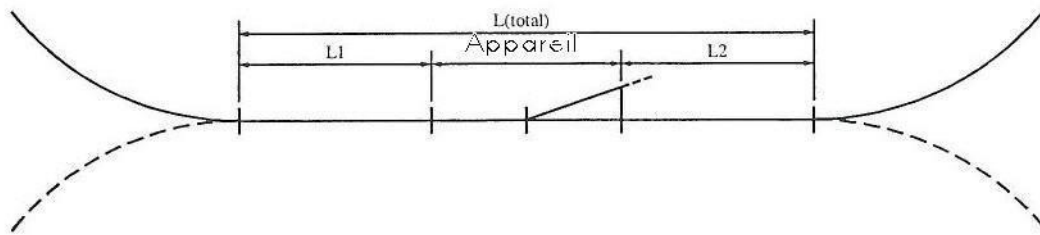
En talon de la branche déviée :

- Si la sortie d'appareil est en alignement, la longueur minimale d'alignement à respecter devra être égale à  $V_d/2$ .
- Si la sortie d'appareil est en courbe ;
  - $V_d < 100$ : il conviendra de réserver un alignement de longueur minimale égale à  $V_d/2$  ou de prolonger la courbe de l'appareil suivie elle-même d'un raccordement progressif.
  - $100 \leq V_d < 160$  : il est conseillé de prolonger la courbe de la voie déviée par un raccordement progressif dans le même sens et ce pour toute situation nouvelle.

- $V_d \geq 160$  : la condition ci-dessus est obligatoire. Quelle que soit  $V_d$ , la longueur des raccordements sera calculée afin d'obtenir une variation maximale d'insuffisance de dévers  $\Delta I/\Delta t$  de **75 mm/s** (valeur normale) et **90 mm/s** (valeur exceptionnelle).

En talon de la voie directe :

La longueur minimale d'alignement  $L_2$ , à réserver, doit être supérieure à **50m**.



Dans le cas de deux appareils disposés pointe à pointe, la valeur minimale pour «  $L$  » doit tenir compte :

- des contraintes du tracé: «  $L$  »  $\geq V_d/2$  ( $V_d$  étant la vitesse en voie déviée de l'appareil le moins performant),
- des contraintes de signalisation et de caténaire, qui sont fonction des éléments et systèmes définis pour ces domaines.

### Profil en long

En profil en long, les appareils de voie ne doivent pas se situer à moins de **100 m** d'un raccordement ou d'un point de changement de déclivité.

### APPAREILS DE DILATATION

Sur les lignes à Grande Vitesse, les appareils de dilatation sont destinés à des ouvrages d'art très longs. Ils ne sont nécessaires que sur des tabliers d'un certain type et d'une certaine longueur. Il est nécessaire de mener une étude spécifique sur ces tabliers en se basant sur les critères du cahier de prescriptions (type, longueur, disposition des tabliers).

### REGLES D'IMPLANTATION

Dans la mesure du possible, les appareils de dilatation devront être implantés en alignement et en déclivité de valeur constante.

Les appareils de dilatation seront distants les uns des autres de **300 m** au minimum.

Les appareils de dilatation ne devront pas être positionnés sur un raccordement progressif ni leurs extrémités à moins de **100** m d'une extrémité de raccordement en plan ou d'un point de changement de déclivité.

- Leur extrémité la plus proche sera située au minimum à **100** m des appareils de voie.
- Les appareils de dilatation ne devront jamais être situés en double courbure (en plan et en profil).
- Dans les zones où seront implantés les appareils de dilatation, le rayon en plan ne devra pas être inférieur à 3000 m et le profil en long ne devra pas comporter de courbe circulaire de raccordement de rayon inférieur à 16000 m.