

NORME  
INTERNATIONALE

**ISO**  
**9816**

Première édition  
1993-10-15

---

---

**Voitures particulières — Réponse d'un  
véhicule à un lever de pied en virage —  
Méthode d'essai en boucle ouverte**

iTeh STANDARD PREVIEW

*(standards.iteh.ai)*  
*Passenger cars — Power-off reactions of a vehicle in a turn — Open-loop  
test method*

ISO 9816:1993

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d8263f6e-bd61-4e12-8cc2-8118904807b2/iso-9816-1993>



Numéro de référence  
ISO 9816:1993(F)

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 9816 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 22, *Véhicules routiers*, sous-comité SC 9, *Dynamique des véhicules et tenue de route*.

Les annexes A et B font partie intégrante de la présente Norme internationale.

TECH STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

ISO 9816:1993

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d8263fee-bd61-4e12-8cc2-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d8263fee-bd61-4e12-8cc2-8119204807b7/iso-9816-1993)

[8119204807b7/iso-9816-1993](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d8263fee-bd61-4e12-8cc2-8119204807b7/iso-9816-1993)

© ISO 1993

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation  
Case Postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse

Imprimé en Suisse

## Introduction

Le comportement dynamique d'un véhicule routier constitue l'un des aspects les plus importants de sa sécurité active. Tout véhicule forme, avec son conducteur et l'environnement prédominant, ce qu'on appelle un système unique en boucle fermée. Compte tenu des interactions entre les éléments conducteur, véhicule, route, dont chacun est déjà complexe en lui-même, l'évaluation du comportement dynamique n'est pas tâche facile et la description complète et exacte du comportement des véhicules routiers implique nécessairement de recueillir des données d'un grand nombre d'essais de types différents.

L'essai du lever de pied ne quantifiant qu'une petite partie du champ de manœuvre, ses résultats ne peuvent être considérés comme significatifs que pour la petite partie correspondante du comportement dynamique global.

De plus, aucune corrélation suffisante n'a été établie entre les caractéristiques dynamiques résultant de cet essai et le pourcentage d'accidents évités. De gros efforts seraient nécessaires pour réunir suffisamment de données fiables sur cette corrélation.

Enfin, on ne connaît pas suffisamment bien le rapport entre les caractéristiques dynamiques globales d'un véhicule et le pourcentage d'accidents évités. Des études nombreuses sont encore nécessaires pour recueillir suffisamment de données fiables sur la corrélation entre le nombre d'accidents évités et les propriétés dynamiques des véhicules en général et les résultats du présent essai en particulier. Il n'est donc pas actuellement possible d'utiliser la présente méthode d'essai et ses résultats à des fins de réglementation.

Page blanche

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 9816:1993

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d8263f6e-bd61-4e12-8cc2-8118904807b2/iso-9816-1993>

# Voitures particulières — Réponse d'un véhicule à un lever de pied en virage — Méthode d'essai en boucle ouverte

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale définit une méthode d'essai en boucle fermée permettant de déterminer l'effet d'un lever de pied sur un véhicule en virage. Elle est applicable aux voitures particulières telles que définies dans l'ISO 3833.

Il n'est actuellement pas possible d'utiliser la présente méthode d'essai et ses résultats à des fins de réglementation.

## 2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 1176:1990, *Véhicules routiers — Masses — Vocabulaire et codes*.

ISO 3833:1977, *Véhicules routiers — Types — Dénominations et définitions*.

ISO 4138:1982, *Véhicules routiers — Méthode d'essai en régime permanent sur trajectoire circulaire*.

ISO 8855:1991, *Véhicules routiers — Dynamique des véhicules et tenue de route — Vocabulaire*.

## 3 Principe

L'objectif de la présente méthode d'essai est de déterminer l'effet du lever de pied sur le maintien de la trajectoire et le comportement directionnel d'un véhicule dont le mouvement circulaire en régime permanent est perturbé par le phénomène provoqué par le relâchement soudain de la pédale d'accélérateur.

Les conditions initiales sont définies par une vitesse longitudinale constante et par une trajectoire circulaire de rayon donné. L'angle au volant correspondant à cette trajectoire en régime permanent est maintenu constant pendant tout l'essai. Pendant la même période on mesure et on enregistre l'action du conducteur et la réaction du véhicule. On calcule enfin des valeurs caractéristiques à partir des signaux enregistrés.

Les variables du mouvement utilisées pour décrire la réaction du véhicule au lever du pied sont rapportées au référentiel intermédiaire ( $X, Y, Z$ ).

L'origine de ce référentiel est située en un point de référence indépendant de l'état de charge. Elle se trouve dans le plan longitudinal de symétrie, à mi-empattement et à la même hauteur au-dessus du sol que le centre de gravité du véhicule chargé à la masse du véhicule complet en ordre de marche (voir ISO 1176).

## 4 Variables

Les variables à mesurer sont les suivantes:

- instant du début du lever de pied,  $t_0$ ;
- angle au volant,  $\delta_H$ ;
- angle de lacet,  $\psi$ , ou vitesse de lacet,  $\dot{\psi}$ ;

- vitesse longitudinale,  $v_x$ ;
- accélération transversale,  $a_y$ .

Il est recommandé de mesurer également les variables suivantes:

- accélération longitudinale,  $a_x$ ;
- angle de dérive,  $\beta$ , ou vitesse transversale,  $v_y$ ;
- couple au volant,  $M_H$ ;
- angle de tangage,  $\theta$ ;
- angle de roulis,  $\varphi$ .

Ces variables sont définies dans l'ISO 8855, à l'exception de l'instant du début de lever de pied,  $t_0$ , qui est l'instant où la pédale d'accélérateur est relâchée.

## 5 Instrumentation

### 5.1 Description

Les variables choisies dans la liste donnée à l'article 4 doivent être mesurées à l'aide de transducteurs appropriés, les informations correspondantes étant recueillies par un enregistreur multicanal, par rapport au temps. L'étendue normale de mesure et l'erreur maximale recommandée de l'ensemble transducteur/enregistreur sont indiquées dans le tableau 1, dont les valeurs sont provisoires, jusqu'à plus ample informé.

### 5.2 Installation des transducteurs

Les transducteurs doivent être installés selon les instructions de leurs fabricants (si de telles instructions existent) de manière à permettre la détermination des variables correspondant aux termes et définitions de l'ISO 8855.

Si un transducteur ne mesure pas directement la variable recherchée, des corrections appropriées doivent être apportées au système de référence.

### 5.3 Traitement des données

La plage des fréquences correspondant à cet essai se situe entre zéro et la fréquence maximale utilisée, soit  $f_{\max} = 5$  Hz. Selon le mode de traitement retenu (analogique ou numérique), les prescriptions de 5.3.1 ou 5.3.2 doivent être respectées.

#### 5.3.1 Traitement analogique

La largeur de bande de l'ensemble combiné transducteurs/enregistreur ne doit pas être inférieure à 8 Hz.

Pour effectuer le filtrage nécessaire des signaux, des filtres passe-bas d'ordre 4 ou supérieur doivent être utilisés. La largeur de la bande passante (fréquence  $f_0$  à  $-3$  dB) ne doit pas être inférieure à 8 Hz. Les erreurs d'amplitude observées sur la plage des fréquences considérées de 0 à 5 Hz, doivent être inférieures à 0,5 %. Pour garantir que les différences de retard dues au filtrage respectent l'exactitude requise pour le mesurage du temps, tous les signaux analogiques doivent être traités avec des filtres ayant des caractéristiques de phase quasi similaires.

NOTE 1 Des décalages de phase peuvent se produire durant le filtrage analogique de signaux de contenus différents en fréquence. Il est préférable, dans ce cas, d'adopter le mode de traitement décrit en 5.3.2.

#### 5.3.2 Traitement numérique

##### 5.3.2.1 Préparation des signaux analogiques

Pour éviter le crénelage, les signaux analogiques doivent d'abord être filtrés convenablement avant numérisation. Pour ce faire, on doit employer des filtres passe-bas d'ordre 4 ou supérieur dont la largeur de bande passante (fréquence à  $-3$  dB) correspond approximativement à

$$f_0 \geq 5f_{\max}$$

Il convient que l'erreur d'amplitude du filtre anticrénelage ne dépasse pas 0,5 % de la plage des fréquences utilisables. Tous les signaux analogiques doivent être traités par des filtres ayant des caractéristiques de phase assez semblables pour garantir que les différences de retard respectent l'exactitude requise pour le mesurage du temps.

On évitera d'utiliser d'autres filtres dans la chaîne d'acquisition des données.

L'amplification du signal doit être telle que, par rapport au processus de numérisation, l'erreur supplémentaire soit inférieure à 0,2 %.

##### 5.3.2.2 Numérisation

Le taux d'échantillonnage doit être supérieur à la fréquence à  $-3$  dB du filtre anticrénelage et approprié à l'ordre des filtres utilisés.

**5.3.2.3 Filtrage numérique**

Pour filtrer les données échantillonnées à évaluer, il convient d'utiliser des filtres numériques sans déphasage (à décalage de phase nul) présentant les caractéristiques suivantes (voir figure 1):

— bande passante : 0 à 5 Hz;

— bande atténuée par le filtre commençant entre 10 Hz et 15 Hz;

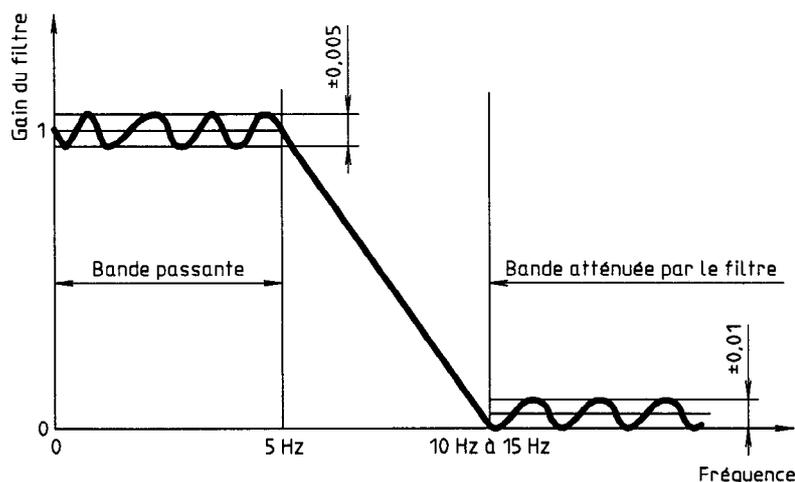
— erreur maximale d'amplitude dans la bande passante inférieure ou égale à 0,005 (0,5 %);

— erreur maximale d'amplitude dans la bande atténuée par le filtre inférieure ou égale à 0,01 (1 %).

**Tableau 1 — Variables mesurées — Étendue normale de mesure et erreur maximale recommandée**

Variables	Étendue normale de mesure	Erreur maximale recommandée de l'ensemble transducteur/enregistreur
Instant du début de lever de pied	—	0,05 s
Angle au volant	de - 360° à + 360°	± 2° pour les angles inférieurs ou égaux à 180° ± 4° pour les angles supérieurs à 180°
Angle de lacet	de - 180° à + 180°	± 2°
Vitesse de lacet	de - 50°/s à + 50°/s	± 0,5°/s
Angle de dérive	de - 15° à + 15°	± 0,5°
Vitesse transversale	de - 10 m/s à + 10 m/s	± 0,1 m/s
Vitesse longitudinale	0 à 50 m/s	± 0,5 m/s
Accélération transversale	de - 15 m/s <sup>2</sup> à + 15 m/s <sup>2</sup>	± 0,15 m/s <sup>2</sup>
Accélération longitudinale	de - 15 m/s <sup>2</sup> à + 15 m/s <sup>2</sup>	± 0,15 m/s <sup>2</sup>
Couple au volant	de - 30 N·m à + 30 N·m	± 0,3 N·m
Angle de tangage	de - 15° à + 15°	± 0,15°
Angle de roulis	de - 15° à + 15°	± 0,15°

NOTE — Certains des transducteurs dont les caractéristiques sont indiquées ne sont pas de diffusion large et d'usage général. Beaucoup sont mis au point par les utilisateurs. Si l'erreur du système dépasse les valeurs maximales recommandées, cela doit être consigné dans le rapport d'essai, ainsi que l'erreur maximale.



**Figure 1 — Caractéristiques requises des filtres numériques sans déphasage**

## 6 Conditions d'essai

Les limites et spécifications relatives aux conditions ambiantes et aux conditions d'essai du véhicule sont indiquées de 6.1 à 6.3 et doivent être maintenues pendant tout l'essai. Tout écart doit être noté dans le rapport d'essai (voir annexe A), avec éventuellement des diagrammes particuliers de présentation des résultats (voir annexe B).

### 6.1 Piste d'essai

Tous les essais doivent être effectués sur une surface dure, plane, propre, uniforme et sèche dont la pente est inférieure à 2,5 % en tout point.

### 6.2 Vitesse du vent

La vitesse du vent ne doit pas dépasser 5 m/s et doit être consignée dans le rapport d'essai (voir annexe A).

### 6.3 Véhicule d'essai

#### 6.3.1 Pneumatiques

Dans les conditions normalisées, des pneumatiques neufs doivent être montés dans la position appropriée sur le véhicule en essai. Ils doivent avoir été rodés sur au moins 150 km et n'avoir pas subi de contrainte excessive du type freinage, accélération, virage, coup de trottoir, etc. Ils doivent avoir une profondeur de sculpture d'au moins 90 % de la valeur initiale et ne doivent pas avoir plus d'un an au moment de l'essai.

Les pneumatiques doivent être gonflés à la pression spécifiée par le constructeur du véhicule pour la configuration du véhicule en essai. La tolérance de réglage de la pression à froid est de  $\pm 5$  kPa <sup>1)</sup> pour les pressions inférieures ou égales à 250 kPa et  $\pm 2$  % pour les pressions supérieures.

L'essai peut également avoir lieu avec des pneumatiques dans un autre état d'usure, dans la mesure où, à la fin, ils conservent au moins 1,5 mm de profondeur de sculpture sur toute la largeur de contact de la bande de roulement (voir note 2) et sur toute la circonférence du pneumatique.

NOTE 2 La profondeur des sculptures ayant dans certains cas une influence significative sur les résultats d'essai,

1)  $1 \text{ kPa} = 10^{-2} \text{ bar} = 10^3 \text{ N/m}^2$

il est recommandé d'en tenir compte pour comparer des véhicules ou des pneumatiques.

La largeur de bande de roulement est la largeur de la partie du pneumatique correctement gonflé en contact avec la route en position de marche normale en ligne droite.

#### 6.3.2 Éléments du véhicule

Tous les composants fonctionnels du véhicule susceptibles d'avoir un effet sur les résultats de l'essai (par exemple l'état, le réglage et la température des amortisseurs, les ressorts et autres éléments de la suspension, la géométrie de la suspension) doivent être vérifiés. Le résultat des contrôles et mesurages doit être noté, tout écart par rapport aux spécifications du constructeur devant être consigné, le cas échéant, dans le rapport d'essai (voir annexe A).

Dans les conditions d'essai normalisées, les éléments de la suspension doivent être neufs.

#### 6.3.3 Moteur et transmission

Dans les conditions d'essai normalisées, l'état et le réglage du moteur et de la transmission (notamment différentiels, embrayages, verrouillages, passage en roue libre, étalonnage au ralenti du moteur) doivent correspondre aux spécifications du constructeur du véhicule.

#### 6.3.4 Conditions de charge du véhicule

La masse d'essai doit être comprise entre la masse du véhicule complet en ordre de marche (ISO-M06) plus la masse du conducteur et la masse totale maximale autorisée (ISO-M08). La masse minimale du véhicule est définie dans l'ISO 1176:1990, paragraphe 4.6. La masse de l'instrumentation et du conducteur ne doit, de préférence, pas dépasser 150 kg.

La masse totale maximale autorisée et les charges maximales calculées par essieu (telles que définies dans l'ISO 1176:1990, en 4.8 et 4.11, respectivement) sont des valeurs à ne pas dépasser.

On veillera à réduire au maximum les écarts sur l'emplacement du centre de gravité et sur les valeurs des moments d'inertie par rapport aux conditions de charge du véhicule en usage normal. Les charges résultantes au niveau des roues devront être déterminées puis consignées dans le rapport d'essai (voir annexe A).

## 7 Mode opératoire d'essai

### 7.1 Échauffement des pneumatiques

Échauffer les pneumatiques préalablement à chaque essai de la manière prescrite dans l'ISO 4138.

### 7.2 Conditions initiales de conduite

La condition initiale de conduite est l'essai sur trajectoire circulaire en régime permanent (ISO 4138). Pendant cet essai, conduire le véhicule de telle sorte que son point de référence se déplace sur un cercle. Le rayon normal de ce cercle doit être de 100 m, mais des rayons plus petits sont admis, 40 m étant la valeur inférieure recommandée et 30 m le minimum. Il convient de noter que plus le rayon diminue, moins les résultats sont significatifs.

Choisir la vitesse initiale de manière à obtenir une accélération transversale croissante, entre environ 4 m/s<sup>2</sup> et la valeur maximale, par paliers maximaux de 1 m/s<sup>2</sup>.

Pour les véhicules à transmission manuelle, effectuer l'essai à la plus petite démultiplication possible, mais pas en première. Si l'augmentation de la vitesse exige un changement de vitesse, conduire dans les deux positions de la boîte de vitesses.

Pour les véhicules à transmission automatique, noter la position du levier de transmission et le programme de conduite sélectionné dans le rapport d'essai (voir annexe A).

Maintenir le volant et la pédale d'accélérateur dans une position aussi constante que possible dans la phase initiale de conduite. Cette phase est jugée suffisamment constante si l'une des conditions suivantes est remplie.

- Pendant l'intervalle de temps précédant de 1,3 s à 0,3 s le lever de pied, l'écart-type de l'accélération transversale n'est pas supérieur à 5 % de la valeur moyenne et l'écart-type de la vitesse en marche avant n'est pas supérieur à 3 % de la valeur moyenne.
- Au cours des intervalles de temps précédant de 1,3 s à 0,8 s et 0,8 s à 0,3 s le lever de pied, la différence des valeurs moyennes n'excède pas la dernière valeur moyenne mentionnée de plus de 5 % pour l'accélération transversale et de plus de 3 % pour la vitesse en marche avant.

Durant la phase initiale de conduite, le rayon ne doit pas s'écarter de plus de 2 m de la valeur souhaitée

pendant l'intervalle de temps précédant de 1,3 s à 0,3 s le lever de pied. Le rayon initial,  $R_0$ , se calcule de la manière suivante:

$$R_0 = \frac{v_{x,0}}{\dot{\psi}_0}$$

ou

$$R_0 = \frac{v_{x,0}^2}{a_{y,0}}$$

### 7.3 Exécution du lever de pied

Une fois la phase initiale de conduite réalisée, demander au conducteur de tenir fermement le volant ou fixer celui-ci par un moyen mécanique.

Relâcher aussi vite que possible la pédale d'accélérateur. Sur les véhicules à transmission manuelle, maintenir l'embrayage en position embrayée. Sur les véhicules à transmission automatique, laisser le levier de changement de vitesse dans la position préalablement sélectionnée.

Le relâchement de la pédale d'accélérateur correspond à l'instant du début de lever de pied.

Enregistrer les signaux des transducteurs sur la période comprise entre 1,3 s avant le début du lever de pied et 3 s après celui-ci. Cette période doit être augmentée du délai de réglage de tous les filtres utilisés pendant l'enregistrement (de 0,2 s à 1 s selon le type de filtre).

Durant l'enregistrement, l'angle au volant ne doit pas s'écarter de plus de 3 % de la valeur en régime permanent. Pour chaque niveau d'accélération transversale (voir 7.2), effectuer au moins trois essais variables.

L'essai doit avoir lieu avec virages à gauche et à droite.

## 8 Évaluation des données et présentation des résultats

### 8.1 Généralités

Les données générales doivent être présentées dans le rapport d'essai, de la manière indiquée en annexe A. Tout changement de l'équipement du véhicule (par exemple, la charge) doit entraîner une mise à jour des données générales.

En raison du grand nombre de données, il est recommandé d'utiliser un ordinateur pour les traiter.

Dans l'état actuel des connaissances on ne sait pas encore quelles variables représentent le mieux l'appréciation subjective du conducteur et quelles variables (valeurs caractéristiques) décrivent le mieux le comportement dynamique du véhicule. Les variables spécifiées ci-dessous ne représentent donc que des exemples d'évaluation des résultats.

## 8.2 Courbes en fonction du temps

Pour chaque essai, les enregistrements en fonction du temps des variables indiquées à l'article 4 doivent être présentés. Outre leur utilité pour l'évaluation, ces courbes servent à contrôler le bon fonctionnement et les performances des transducteurs.

## 8.3 Point de référence temporel

Le point de référence temporel des valeurs caractéristiques suivantes est l'instant  $t_0$  du début du lever de pied.

## 8.4 Valeurs caractéristiques

Les valeurs caractéristiques doivent être déterminées et présentées en fonction de l'accélération transversale initiale en régime permanent (voir l'annexe B). Les valeurs caractéristiques en régime permanent sont définies comme les valeurs moyennes dans l'intervalle de temps précédant  $t_0$  (lever de pied) de 1,3 s à 0,3 s. Les autres valeurs caractéristiques sont déterminées pendant une période d'observation débutant à  $t_0$  et se terminant 3 s plus tard. Les valeurs instantanées à  $t_n$  se calculent en faisant la moyenne sur l'intervalle de temps compris entre  $t_n - 0,1$  s et  $t_n + 0,1$  s.

NOTE 3 L'instant réel,  $t_n$ , peut également prendre d'autres valeurs.

**8.4.1** Décélération longitudinale moyenne dans l'intervalle de temps entre  $t_0$  et  $t_n$ :

$$-\bar{a}_{X,t_n} = \frac{v_{X,0} - v_{X,t_n}}{t_n - t_0}$$

où  $t_n = t_0 + 1$  s

(Voir figure B.1.)

**8.4.2** Valeur maximale de l'angle de dérive ( $\beta$ ) pendant la période d'observation:

$$\beta_{\max}$$

(Voir figure B.2.)

**8.4.3** Différence entre la valeur maximale de l'angle de dérive,  $\beta_{\max}$ , durant la période d'observation et la valeur initiale de l'angle de dérive,  $\beta_0$ :

$$\beta_{\max} - \beta_0$$

(Voir figure B.3.)

**8.4.4** Différence entre la valeur de l'angle de dérive à l'instant réel,  $\beta_{t_n}$ , et la valeur initiale de l'angle de dérive,  $\beta_0$ :

$$\beta_{t_n} - \beta_0$$

avec  $t_n = t_0 + 1$  s

(Voir figure B.4.)

**8.4.5** Rapport entre le rayon de la trajectoire du point de référence du véhicule à l'instant réel,  $R_{t_n}$ , et le rayon initial,  $R_0$ :

$$R_{t_n}/R_0 = \frac{v_{X,t_n} \dot{\psi}_0}{v_{X,0} (\dot{\psi}_{t_n} + \dot{\beta}_{t_n})}$$

ou

$$R_{t_n}/R_0 = \frac{v_{X,t_n}^2 a_{Y,0}}{v_{X,0}^2 a_{Y,t_n}}$$

avec  $t_n = t_0 + 1$  s

(Voir figure B.5.)

**8.4.6** Différence, à l'instant réel,  $t_n$ , entre la valeur de l'angle de lacet,  $\psi_{t_n}$ , et la valeur de référence de l'angle de lacet,  $\psi_{t_n,\text{réf}}$ , qui serait obtenue à l'instant réel,  $t_n$ , à la vitesse longitudinale réelle,  $v_{X,t_n}$ , si le véhicule suivait toujours le rayon initial.

Par approximation:

$$\psi_{t_n} - \psi_{t_n,\text{réf}} = \psi_{t_n} - \left[ \psi_0 + t_n \left( \frac{\dot{\psi}_0 + \dot{\psi}_{t_n,\text{réf}}}{2} \right) \right]$$

Exactement:

$$\psi_{t_n} - \psi_{t_n,\text{réf}} = \int_{t=t_0}^{t=t_n} [\dot{\psi}(t) - \dot{\psi}_{\text{réf}}(t)] dt$$

où

$$t_n = t_0 + 1 \text{ s}$$

$$\dot{\psi}_{t_n,\text{réf}} = \frac{v_{X,t_n}}{R_0}$$

$$\dot{\psi}_{\text{réf}}(t) = \frac{v_X(t)}{R_0}$$

(Voir figure B.6.)

**8.4.7** Rapport, à l'instant réel,  $t_n$ , entre la valeur de la vitesse de lacet,  $\dot{\psi}_{t_n}$ , et la valeur de référence de la vitesse de lacet  $\dot{\psi}_{t_n,\text{réf}}$ , qui serait obtenue à l'instant réel,  $t_n$ , à la vitesse longitudinale réelle,  $v_{X,t_n}$ , si le véhicule suivait toujours le rayon initial:

$$\dot{\psi}_{t_n}/\dot{\psi}_{t_n,\text{réf}} = (\dot{\psi}_{t_n}/v_{X,t_n})R_0$$

avec  $t_n = t_0 + 1$  s

(Voir figure B.7.)

**8.4.8** Rapport entre la valeur maximale de la vitesse de lacet,  $\dot{\psi}_{\text{max}}$ , durant la période d'observation et la valeur initiale de la vitesse de lacet,  $\dot{\psi}_0$ :

$$\dot{\psi}_{\text{max}}/\dot{\psi}_0$$

(Voir figure B.8.)

**8.4.9** Rapport, à l'instant réel,  $t_n$ , entre la valeur de l'accélération transversale,  $a_{Y,t_n}$ , et la valeur de référence de l'accélération transversale,  $a_{Y,t_n,\text{réf}}$ , qui serait obtenue à l'instant réel,  $t_n$ , à la vitesse longitudinale réelle,  $v_{X,t_n}$ , si le véhicule suivait toujours le rayon initial:

$$a_{Y,t_n}/a_{Y,t_n,\text{réf}} = (a_{Y,t_n}/v_{X,t_n}^2)R_0$$

où  $t_n = t_0 + 1$  s

(Voir figure B.9.)

**8.4.10** Retard,  $\Delta t_A$ , entre l'instant du début du lever de pied et l'instant où l'on obtient un écart,  $\Delta s_Y$ , de 1 m sur la trajectoire du point de référence, correspondant à la distance radiale par rapport à la trajectoire circulaire initiale (voir figure 2):

$$\Delta t_A$$

L'écart de trajectoire  $\Delta s_Y$  se calcule à partir de la trajectoire du point de référence dans le référentiel sol. Les coordonnées du point de référence peuvent être déterminées par exemple, en transformant les vecteurs vitesse liés au véhicule,  $v_X$  et  $v_Y$ , en vecteurs dans le référentiel sol, puis en effectuant l'intégration nécessaire. (Voir figure B.10.)

**8.4.11** Écart de trajectoire,  $\Delta s_{Y,t_n}$ , à l'instant réel,  $t_n$ :

$$\Delta s_{Y,t_n}$$

avec  $t_n = t_0 + 2$  s

L'écart de trajectoire  $\Delta s_{Y,t_n}$  se définit comme la distance radiale du point de référence par rapport à la trajectoire circulaire initiale (voir figure 2). Cet écart peut également se calculer de la manière décrite en 8.4.10. (Voir figure B.11.)

## 8.5 Trajectoire du point de référence

La trajectoire du point de référence projetée dans le plan  $X_E Y_E$  du référentiel sol (voir figure B.12) doit être jointe au rapport d'essai.