

2025

La clef Double

MARIAUD CONSULTING



Notre PROGRAMME

01

Présentation

02

Calculs nécessaires

03

Réalisation d'un clef double

04

Vérification du calibre

05

Utilisation du calibre

06

Avantages et inconvénients



Le calibre, ou clef de jointage, est un gabarit en bois ou en métal utilisé en tonnellerie.

Il permet de déterminer les proportions exactes des douelles afin d'obtenir la forme souhaitée du fût et d'assurer un jointage précis entre elles.

Ce gabarit contient plusieurs informations essentielles :

- L'arrondi du dolage, en bouge et/ou en tête.
- L'angle de jointage, en bouge et/ou en tête.
- La proportion de réduction entre le bouge et la tête.

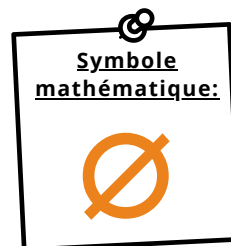
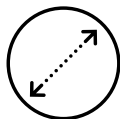
On distingue deux types de clefs de jointage :

- La clef simple, qui permet de contrôler :
 - Le dolage en tête,
 - L'angle de jointage en tête,
 - Les proportions entre la tête et le bouge.
- La clef double, qui offre un contrôle plus complet en permettant de vérifier :
 - Le dolage en tête et en bouge,
 - L'angle de jointage en tête et en bouge,
 - Les proportions entre la tête et le bouge.



Chaque calibre est unique et doit être conçu spécifiquement pour chaque type de fût afin d'assurer un ajustement optimal des douelles et garantir la forme et l'étanchéité du tonneau.

1. Diamètre d'un Cercle



Définition :

Le diamètre d'un cercle est la distance entre deux points opposés du cercle, en passant par le centre. Il est deux fois le rayon.

Formule :

$$D=2R \text{ Diamètre} = 2 \times \text{le rayons}$$

où :

D est le diamètre du cercle
R est le rayon du cercle

Exemple :

Si le rayon d'un cercle est 10 cm, alors le diamètre est :

$$D=2 \times 10 = 20 \text{ cm}$$

2. Rayon d'un Cercle

Définition :

Le rayon d'un cercle est la distance entre le centre du cercle et n'importe quel point sur sa circonférence. Il est la moitié du diamètre.

Formule :

$$R=D/2$$

Exemple :

Si le diamètre d'un cercle est 50 cm, alors le rayon est :

$$R=50/2=25 \text{ cm}$$

3. Périmètre d'un Cercle (Circonférence)

Définition :

Le périmètre d'un cercle, aussi appelé circonférence, est la longueur du contour du cercle.

Formule : $P = \pi D$ ou $P = 2\pi R$

Où :

- P est le périmètre du cercle
- D est le diamètre
- R est le rayon
- $\pi \approx 3.1416$ est la constante mathématique Pi

Exemple :

Si un cercle a un rayon de 7 cm, alors son périmètre est :

$$P = 2\pi \times 7 \approx 2 \times 3.1416 \times 7 \approx 43.98 \text{ cm}$$

Résumé des Formules

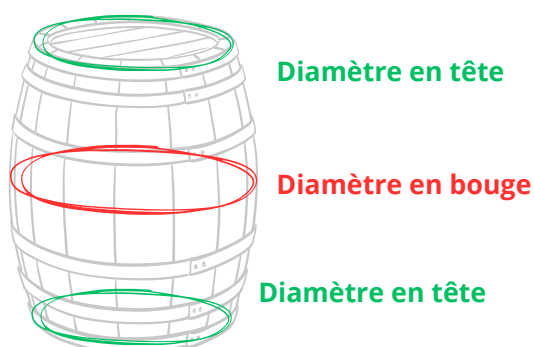
Concept	Formule	Variables
Diamètre	$D=2R$	R : rayon
Rayon	$R=D/2$	D : diamètre
Périmètre (Circonférence)	$P=\pi D$ ou $P=2\pi R$	D : diamètre R : rayon $\pi: 3.1416$

4. Calcul du Coefficient de Réduction

Le **coefficient de réduction** en tonnellerie est un paramètre essentiel qui exprime le rapport entre le diamètre maximal du fût, appelé **diamètre au bouge**, et le diamètre aux extrémités, appelé **diamètre en tête**.

Le coefficient influence directement la forme du fût, affectant ainsi son volume et son interaction avec le contenu.

Le coefficient de réduction est calculé en divisant le diamètre en tête par le diamètre au bouge :



$$\text{Coefficient de réduction} = \frac{\text{Diamètre en tête}}{\text{Diamètre au bouge}}$$

Par exemple, considérons une barrique bordelaise de **225 litres** avec un diamètre en tête de **57 cm** et un diamètre au bouge de **69 cm**.

Le coefficient de réduction serait : $57/69 = 0,826$
ce qui signifie que le diamètre en tête représente environ **82,6%** du diamètre au bouge.

Importance du Coefficient de Réduction

Ce coefficient est crucial pour plusieurs raisons :

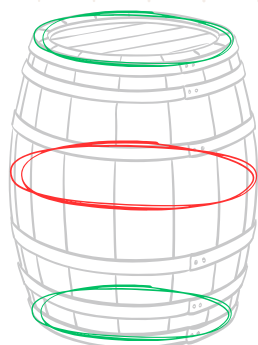
- **Conception du fût** : Il détermine la courbure des douelles et la forme générale du fût, influençant ainsi sa capacité et sa stabilité.
- **Processus de fabrication** : Les tonneliers utilisent ce coefficient pour ajuster les outils et les techniques lors de l'assemblage des douelles, assurant une forme cohérente et une étanchéité optimale.
- **Interaction avec le contenu** : La forme du fût, dictée par ce coefficient, affecte la surface de contact entre le bois et le liquide, influençant le processus de maturation, notamment pour les vins et les spiritueux.

Exemples de Coefficients de Réduction

Différents types de fûts présentent des coefficients de réduction variés en fonction de leur conception :

- **Pièce bourguignonne de 228 litres** : Diamètre en tête de 60 cm et diamètre au bouge de 72 cm, soit un coefficient d'environ 0,833.
- **Fût de 500 litres** : Diamètre en tête de 78 cm et diamètre au bouge de 90 cm, soit un coefficient d'environ 0,867.

Ces variations montrent comment le coefficient de réduction est adapté en fonction des spécificités de chaque fût pour répondre aux besoins des producteurs et aux caractéristiques souhaitées du produit final.



Diamètre en tête

Diamètre en bouge

Diamètre en tête

$$\text{Coefficient de réduction} = \frac{\text{Diamètre en tête}}{\text{Diamètre au bouge}}$$

Contenance en litres	Ø TETE	Ø BOUGE	COEFFICIENT DE RÉDUCTION
1	11	15	0,73
5	18	22,2	0,81
10	21	26,1	0,80
15	23	29,6	0,78
20	27,5	34,3	0,80
25	29	36,6	0,79
28	30	37	0,81
30	30	38,2	0,79
35	31,5	38,5	0,82
40	31	40,1	0,77
50	34,5	44,2	0,78
57	39	47	0,83
60	35	45,5	0,77
70	36	46,1	0,78
75	37	47,7	0,78
105	43,5	55	0,79
114	49	58	0,84
140	46	59,2	0,78
150	47	60,8	0,77
200	54	68,1	0,79
210	57,5	68,1	0,84
225	56	69	0,81
228	60	73	0,82
250	61	74,8	0,82
265	60	73	0,82
300	62	73	0,85
350	66,5	81	0,82
400	70	86,5	0,81
500	76,5	94,7	0,81
600	86,5	102,5	0,84

1. Préparation de la Planchette

Matériaux et Dimensions

- Prendre une planchette rectangulaire d'environ 25 cm x 10 cm avec une épaisseur de entre 5 et 7 mm.
- Raboter les deux faces pour obtenir une surface lisse et régulière.
- Du contreplaqué ou autre matière régulière, solide et simple à travail

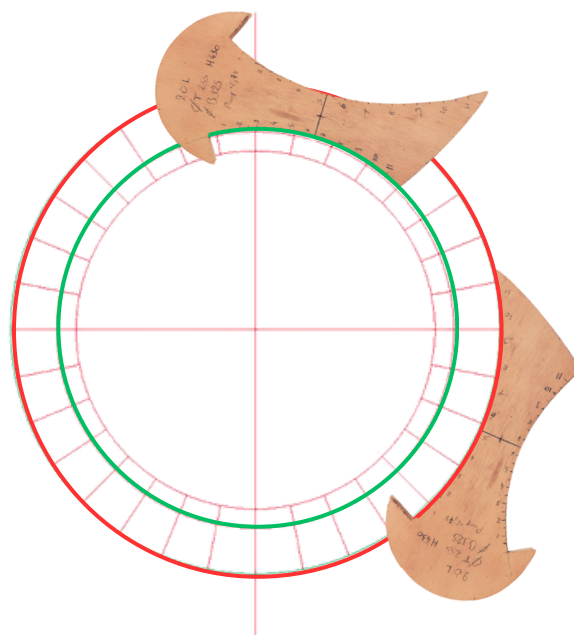
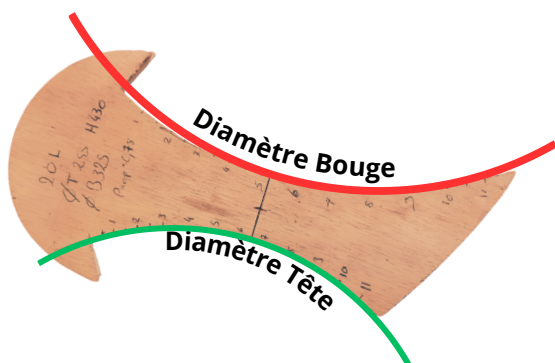
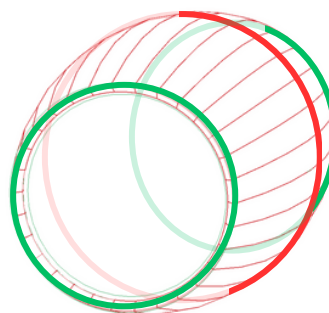
Exemple avec une barrique de 225 L

Diamètre en tête (vert) : **57 cm**
Diamètre au bouge (rouge) : **69 cm**

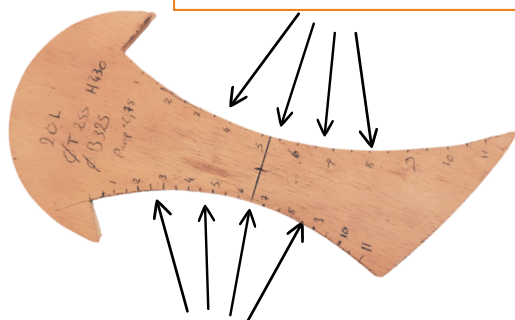
Les calculs nécessaires:

Diamètre en tête (vert) : **57 cm**
Rayon en tête = $57 / 2 = 28,5 \text{ cm}$

Diamètre au bouge (rouge) : **69 cm**
Rayon en tête = $69 / 2 = 34,5 \text{ cm}$



Ces traits correspondent aux proportions en bouge.



Ces traits correspondent aux proportions en tête.

La clef double ajuste le jointage en tenant compte à la fois de l'angle et du diamètre en tête, et de l'angle et du diamètre en bouge.

Matériaux Nécessaires pour Réaliser une Clef de Jointage

1. Matériaux de Base (Corps de la Clef)

- ✓ Bois dur (chêne, hêtre, frêne, érable) – Résistant à l'usure et stable dans le temps.
- ✓ Contreplaqué de qualité – Option plus facile à travailler pour un premier gabarit.
- ✓ Métal (acier ou aluminium) – Pour une clef plus durable et rigide.

2. Outils de Traçage et de Mesure

- 📏 Règle graduée – Pour tracer des lignes précises.
- 📐 Compas – Pour dessiner les arcs correspondant aux diamètres en tête et au bouge.
- ✏️ Crayon gras ou marqueur fin – Pour des tracés visibles sur le bois.

3. Outils de Découpe et d'Ajustement

- 🪚 Scie à chantourner ou scie sauteuse – Pour découper la forme générale.
- 🔧 Lime et papier abrasif (grain fin) – Pour une finition propre et lisse.

4. Éléments de Fixation et Ajustement

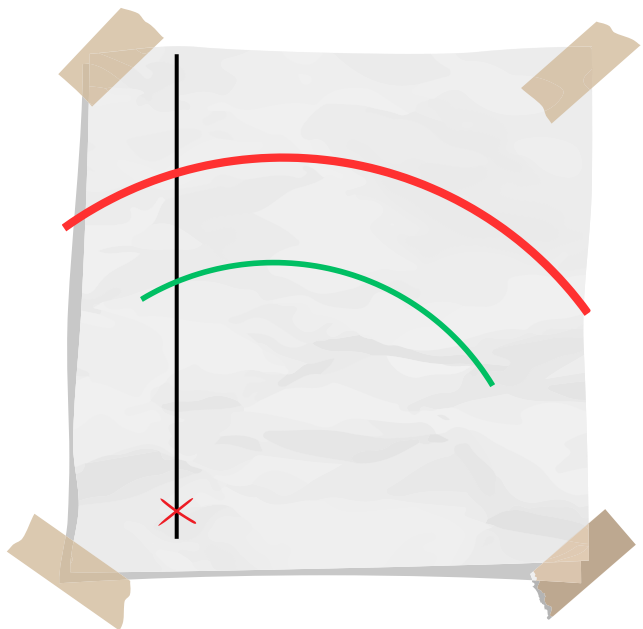
- 🔩 Vis ou clous – Pour fixer la clef sur l'établi.



1

Tracé Préparatoire sur une Feuille

Cette étape consiste à créer un référentiel sur une feuille indépendante, permettant d'obtenir un tracé propre et précis des proportions avant application sur la clef de jointage.



Tracer l'Axe et les Diamètres

- 1 Tracer un axe quelconque au centre de la feuille.
- 2 Définir un point central et, à partir de celui-ci :
 - Tracer un premier cercle correspondant au diamètre en **bouge** (69 cm → rayon 34,5 cm).
 - Tracer un deuxième cercle correspondant au diamètre en **tête** (57 cm → rayon 28,5 cm).
- 3 S'assurer que les deux cercles sont concentriques (même centre).

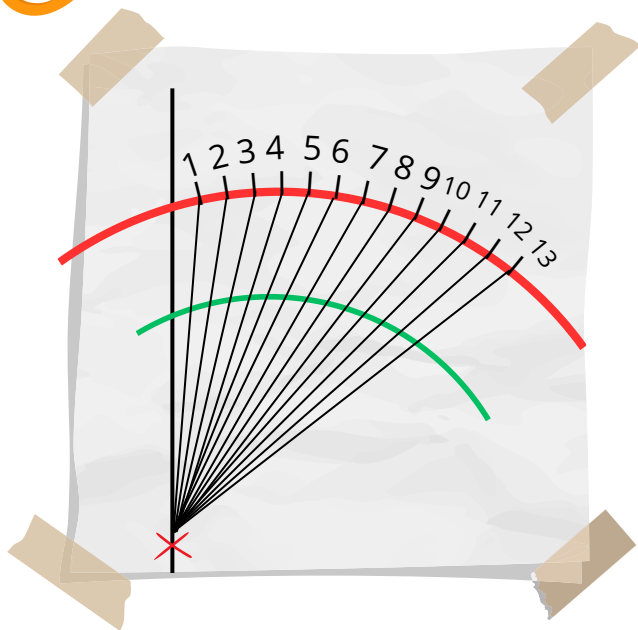
2



2 Reporter un Écartement Régulier sur l'Arc de Bouge

- ✏ Avec un compas, reporter un espacement de 1 cm tout au long de l'arc de bouge.
- ✂ Marquer ces points régulièrement sur toute la courbe pour créer une division précise.

3



3 Tracer les Droites Numérotées

1 Relier le centre aux points marqués sur l'arc de bouge avec des droites rayonnantes.

2 Numéroté chaque droite de 1 à 13, en suivant une progression ordonnée.

3 Étendre ces droites jusqu'à traverser l'arc de tête, afin de conserver un repère précis pour la suite du tracé.

Vérification Avant de Passer à l'Étape Suivante

- ✓ L'axe principal est bien tracé.
- ✓ Les deux cercles sont bien centrés sur le même point de référence.
- ✓ L'écartement de 1 cm est correctement marqué sur l'arc de bouge.
- ✓ Les droites 0.1 à 13 sont tracées proprement et permettent une lecture claire des repères.

Les points tracés sur la feuille servent à reporter avec précision les proportions des douelles sur la clef de jointage double, en respectant la réduction progressive entre le bouge et la tête.

4



1 Placer la planche sur un support stable (table de travail ou établi).

2 Positionner 4 pointes aux angles de la planche, en veillant à ne pas gêner la future zone de traçage.

3 Enfoncer légèrement les pointes avec un marteau, juste assez pour immobiliser la planche sans l'abîmer.

4 Vérifier que la planche ne bouge pas en exerçant une légère pression sur les bords.

♦ **Astuce** : Si la planche est trop fine, utiliser du ruban adhésif double-face pour la maintenir sans l'endommager.

Vérification avant de passer à l'étape suivante

- ✓ La planche est bien fixée et ne bouge pas.
- ✓ Les pointes ne gênent pas le traçage des arcs et des angles de jointage.
- ✓ Le support de travail est plat et stable pour éviter les erreurs de mesure.

5



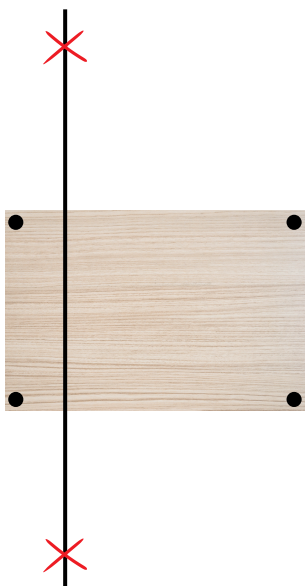
1 Positionner la règle sur la planche de manière à tracer une droite bien nette et continue.

2 Tracer une droite rectiligne qui dépasse de part et d'autre de la planche, en veillant à ce qu'elle soit plus longue que le rayon en bouge d'un côté (**34,5 cm ici**) et plus longue que le rayon en tête de l'autre côté (**28,5 cm ici**).

Vérification avant de passer à l'étape suivante

- ✓ La droite est bien visible et continue.
- ✓ Elle dépasse la planche avec une longueur adaptée aux rayons en tête (**28,5 cm**) et en bouge (**34,5 cm**).
- ✓ Elle est parfaitement droite, sans déviation.

6



1 Définir un point sur la droite d'un côté de la planche pour le rayon en tête.

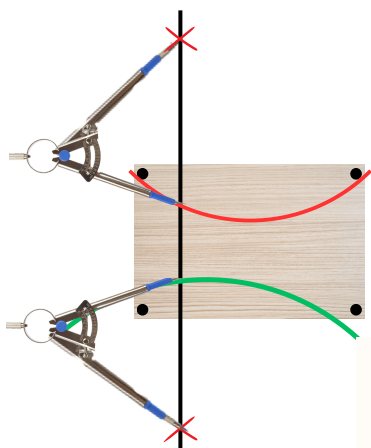
2 Définir un second point de l'autre côté de la planche pour le rayon en bouge.

3 Veiller à ce que les deux points soient espacés de 3 à 5 cm sur l'axe, afin que les rayons ne se croisent pas au centre de la planche.

Vérification avant de passer à l'étape suivante

- ✓ Chaque point est bien positionné de chaque côté de la planche.
- ✓ L'écart entre les deux points est compris entre 3 et 5 cm, évitant ainsi que les rayons se croisent au centre.
- ✓ La planche est prête pour le traçage des rayons de la clef.

7



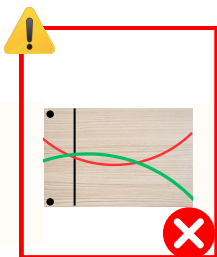
1 À partir du point défini pour le bouge, tracer un arc correspondant au rayon en bouge (**34,5 cm**).

2 À partir du point défini pour la tête, tracer un arc correspondant au rayon en tête (**28,5 cm**).

3 Faire attention à ne pas croiser les deux arcs au centre de la planche, pour éviter toute confusion dans le tracé.

Vérification avant de passer à l'étape suivante

- ✓ Chaque arc est bien tracé depuis son point de référence respectif.
- ✓ Les arcs restent distincts et ne se croisent pas au centre de la planche.
- ✓ Les courbes correspondent bien aux rayons en bouge (**34,5 cm**) et en tête (**28,5 cm**).



8

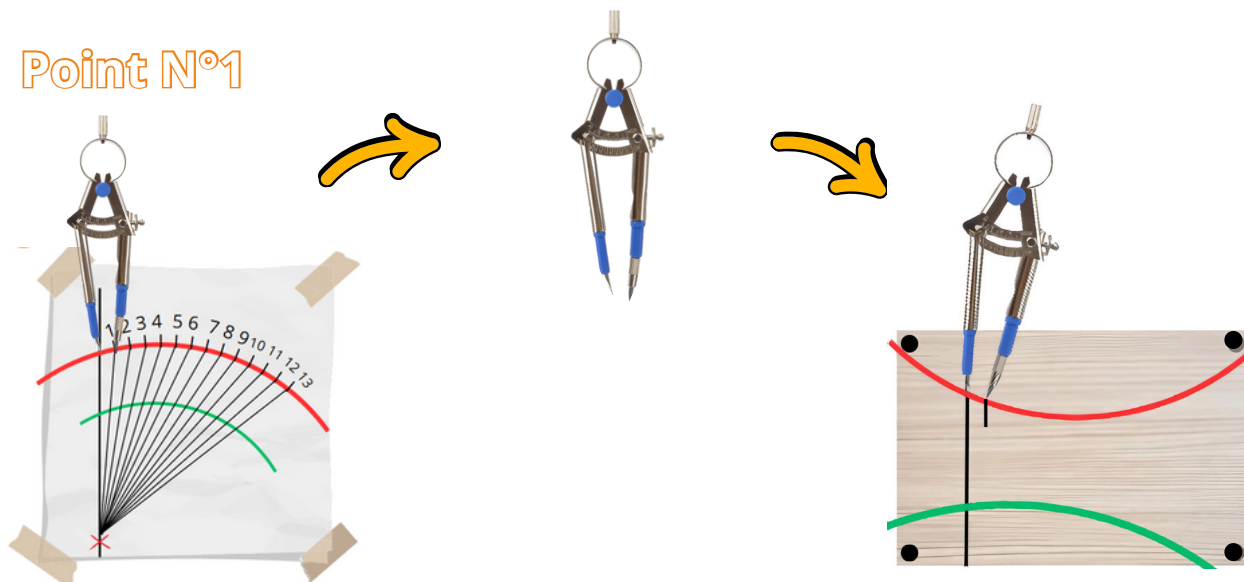
- 1 Prendre la feuille de tracé et reporter chaque point sur l'arc correspondant de la clef.
- 2 Utiliser un compas pour mesurer la distance entre l'axe et chaque point sur l'arc de **bouge**.
- 3 Reporter ces mesures sur la planche en partant du point d'intersection entre l'axe et le diamètre **en rouge**, puis marquer chaque point correspondant.
- 4 Répéter l'opération pour chaque graduation afin d'obtenir un tracé fidèle aux proportions définies sur la feuille.

Vérification avant de passer à l'étape suivante

- ✓ Chaque point est correctement reporté sur la planche.
- ✓ Les distances respectent les mesures prises sur la feuille.

Pour une plus grande précision, toujours prendre comme référence l'intersection de l'arc de **bouge** et de l'arc de **tête** avec l'axe central, plutôt que de reporter les points successivement, afin d'éviter toute accumulation d'erreurs.

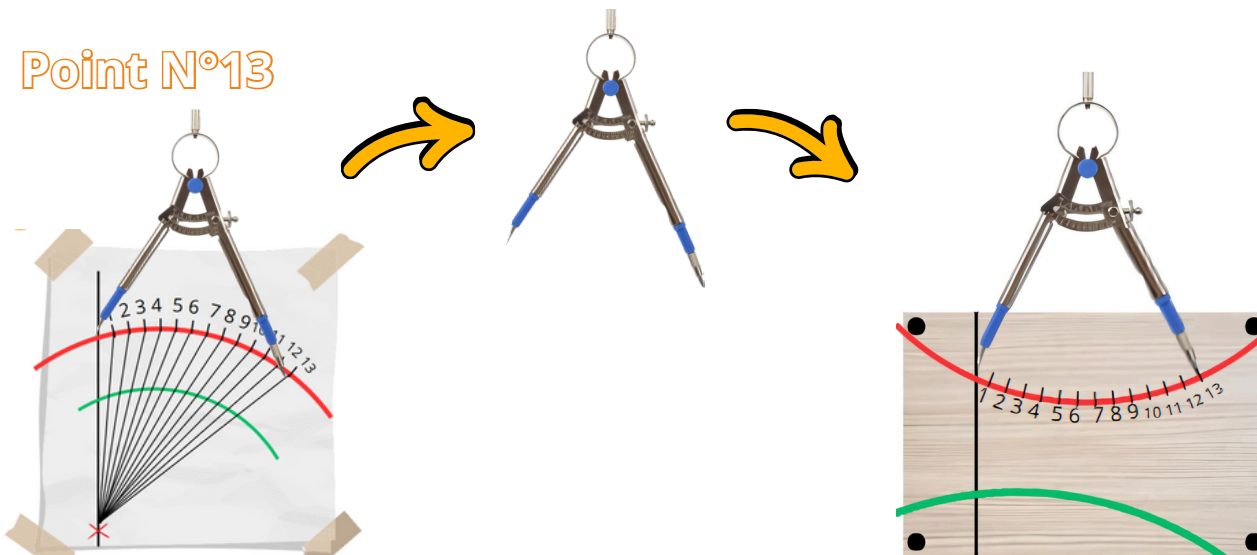
Point N°1



Feuille avec les données

Clef double

Point N°13



Feuille avec les données

Clef double

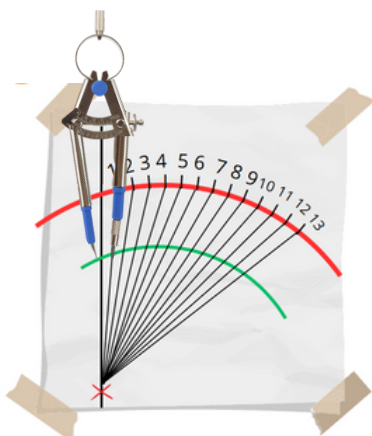
9

- 1 Prendre la feuille de tracé et reporter chaque point sur l'arc correspondant de la clef.
- 2 Utiliser un compas pour mesurer la distance entre l'axe et chaque point sur l'arc de **bouge**.
- 3 Reporter ces mesures sur la planche en partant du point d'intersection entre l'axe et le diamètre **en bouge**, puis marquer chaque point correspondant.
- 4 Répéter l'opération pour chaque graduation afin d'obtenir un tracé fidèle aux proportions définies sur la feuille.

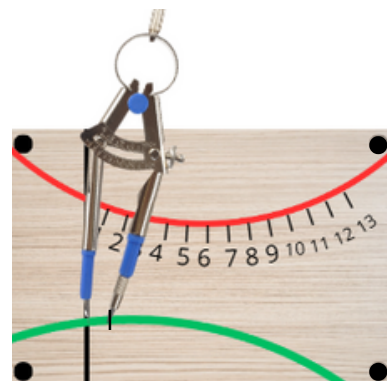
Vérification avant de passer à l'étape suivante

- ✓ Chaque point est correctement reporté sur la planche.
- ✓ Les distances respectent les mesures prises sur la feuille.

Point N°1

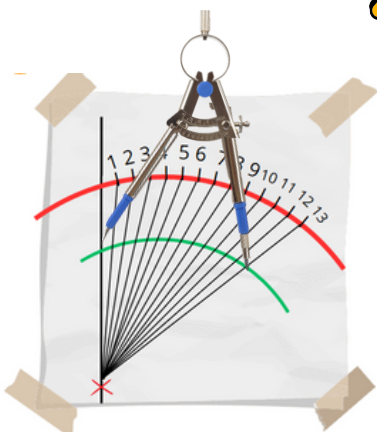


Feuille avec les données

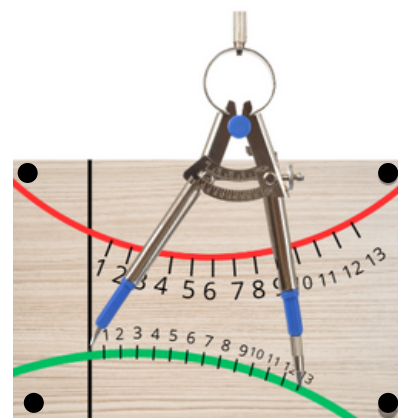


Clef double

Point N°13



Feuille avec les données



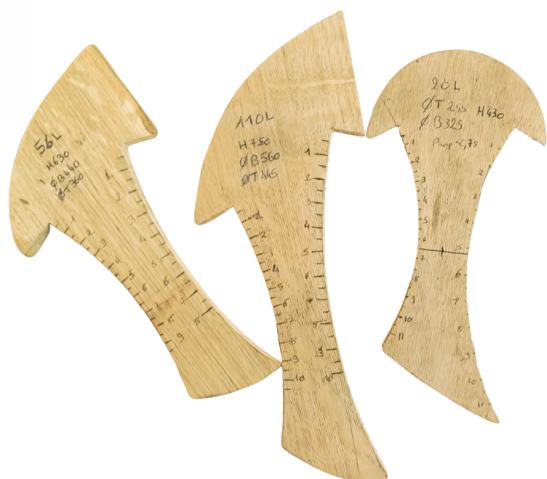
Clef double

Informations à Inscrire sur la Clef de Jointage

- ◆ Volume du fût → Exemple : 225L, 500L, etc.
- ◆ Diamètre en tête → Exemple : T = 57 cm
- ◆ Diamètre en bouge → Exemple : B = 69 cm
- ◆ Rayon en tête → Exemple : RT = 28,5 cm
- ◆ Rayon en bouge → Exemple : RB = 34,5 cm
- ◆ Développement du Bouge → Exemple : $dvB \approx 216,7$ cm pour un fût de 225L.

Résultat Attendu

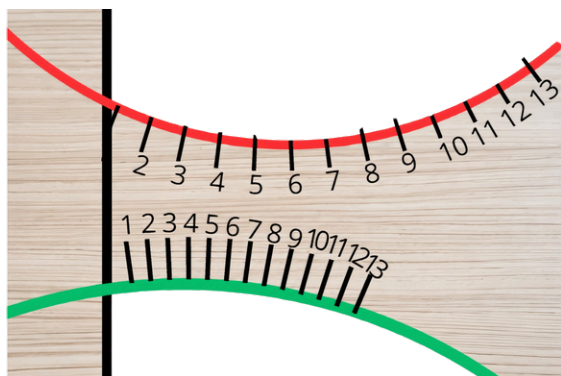
- ✓ Une clef claire et bien identifiée.
- ✓ Un gain de temps lors de l'utilisation.
- ✓ Une assurance que les dimensions sont respectées avant l'assemblage.



Inscrire "**Diamètre en Bouge (ØB)**" avec ses graduations d'un côté et "**Diamètre en Tête (ØT)**" avec ses graduations de l'autre.

En précisant **les rayons respectifs** **RB=34.5 cm** et **RT=28.5 cm** pour éviter toute confusion.

Résultat Attendu

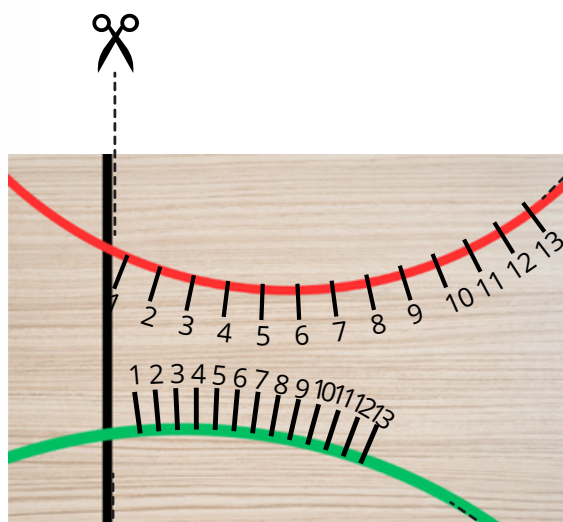


Vérifications Avant de Passer à l'Étape Suivante

- ✓ Les dimensions et angles sont précis .
- ✓ Les découpes sont propres, précises et conformes aux tracés.
- ✓ Les courbes du bouge et de la tête sont bien respectées.

1 Découpe de l'axe du diamètre en **bouge** Couper du centre jusqu'à l'intersection avec l'arc du diamètre en **bouge**.

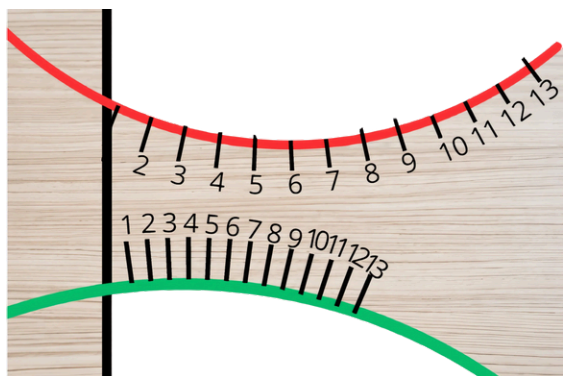
2 Découpe de l'arc du diamètre en **bouge** Suivre l'arc jusqu'à son intersection avec l'axe du diamètre en **bouge**.



3 Découpe de l'arc du diamètre en **tête** Suivre l'arc jusqu'à son intersection avec l'axe du diamètre en **tête**.

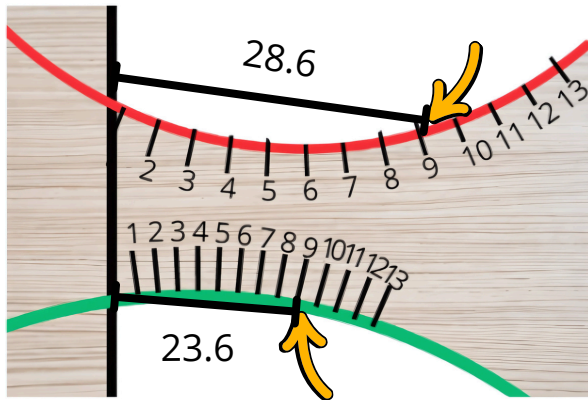
4 Découpe de l'axe du diamètre en **tête** Couper du centre jusqu'à l'intersection avec l'arc du diamètre en **tête**.

Résultat Attendu



Vérifications Avant de Passer à l'Étape Suivante

- ✓ Les dimensions et angles sont précis .
- ✓ Les découpes sont propres, précises et conformes aux tracés.
- ✓ Les courbes du bouge et de la tête sont bien respectées.



1 Choisir Deux Numéros

- Sélectionner un **numéro** sur l'arc de tête.
- Sélectionner **le même numéro** sur l'arc de bouge .

2 Mesurer les Distances Correspondantes

- Mesurer la distance entre l'axe central et le numéro choisi sur l'arc de tête.
- Mesurer la distance entre l'axe central et le numéro directement suivant sur l'arc de bouge.

3 Calculer le Coefficient Réducteur

$$K = \frac{\text{Distance mesurée sur l'arc de tête}}{\text{Distance mesurée sur l'arc de bouge}}$$

4 Vérifier la Cohérence des Valeurs

Résumé Simplifié :

Si $K_{\text{mesuré}} \approx K_{\text{initial}}$ → Le tracé est correct, la clef est valide.

Si $K_{\text{mesuré}} \neq K_{\text{initial}}$ → Erreur dans le tracé, nécessite une correction.

Exemple Concret de Vérification de la Clef de Jointage pour une Barrique de 225L

Contexte :

Nous avons une barrique de 225L avec :

- Diamètre en tête : 57 cm
- Diamètre en bouge : 69 cm
- Coefficient réducteur théorique : $K = \frac{R_t}{R_b} = \frac{28,5}{34,5} \approx 0,826$

L'objectif est de vérifier la précision de la clef de jointage avant son utilisation.

1 Étape 1 : Mesurer la Distance Réelle sur la Clef

- 1 Placer la clef sur une surface plane et bien stabilisée.
- 2 Avec une règle graduée ou un pied à coulisse, mesurer la distance entre :
 - L'axe central et un numéro sur l'arc de tête → ex. 23.6 cm
 - L'axe central et un numéro correspondant sur l'arc de bouge → ex. 28.6 cm

2 Étape 2 : Calcul du Coefficient Réducteur Mesuré

Formule :

$$K_{\text{mesuré}} = \frac{\text{Distance mesurée sur l'arc de tête}}{\text{Distance mesurée sur l'arc de bouge}}$$

$$K_{\text{mesuré}} = \frac{23,6}{28,6} = 0,825$$

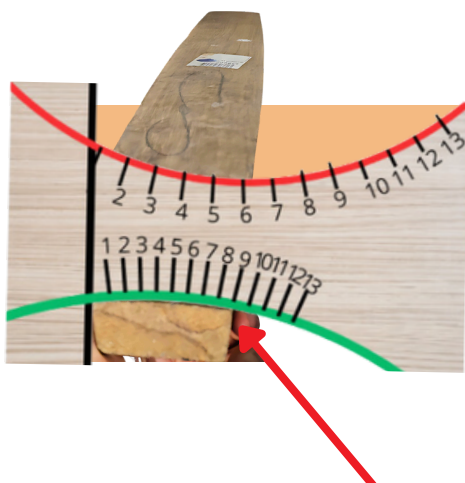
3 Étape 3 : Comparaison avec le Coefficient Théorique

Si $K_{\text{mesuré}} \approx K_{\text{théorique}}$ (ex. : 0.825 \approx 0.826)

Le tracé est correct, la clef est validée.

Si $K_{\text{mesuré}} \neq K_{\text{théorique}}$ (écart supérieur à 0.01)

Erreur détectée, nécessite une correction (ponçage léger, ajustement du tracé).

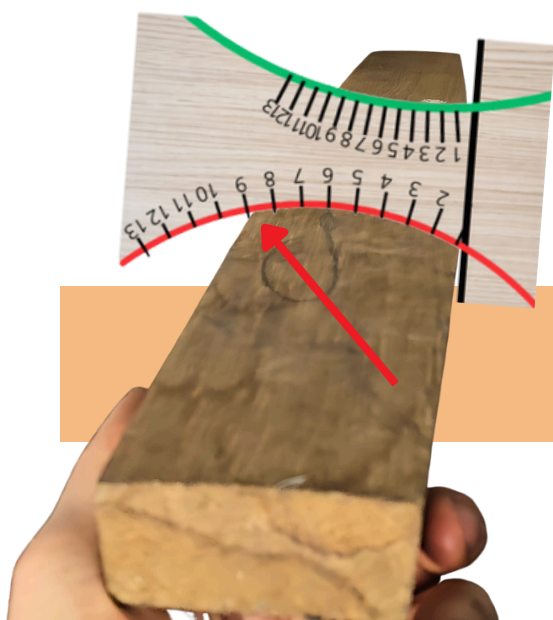


✦ Vérification de l'Utilisation de la Clef de Jointage

Dans l'exemple ci-contre, la clef de jointage est placée sur une douelle pour contrôler sa proportion et vérifier l' angle de jointage en tête.

- ✓ On observe que la douelle correspond au numéro 9 sur la clef.
- ✓ L'angle de jointage associé à cette graduation est respecté, garantissant un ajustement précis.

L'angle de la douelle est bien plaqué sur l'axe central de la clef, assurant ainsi un bon positionnement et une répartition homogène des douelles dans l'assemblage du fût.



✦ Vérification de l'Utilisation de la Clef de Jointage

Dans l'exemple ci-contre, la clef de jointage est placée sur une douelle pour contrôler sa proportion et vérifier l' angle de jointage en bouge.

- ✓ En utilisant le côté bouge de la clef, on constate que la douelle correspond également au numéro 9.
- ✓ L'angle de jointage associé à cette graduation est respecté, garantissant un ajustement précis.

L'angle de la douelle est bien plaqué sur l'axe central de la clef, assurant ainsi un bon positionnement et une répartition homogène des douelles dans l'assemblage du fût.

✦ Avantages et Inconvénients de la Clef de Jointage Double

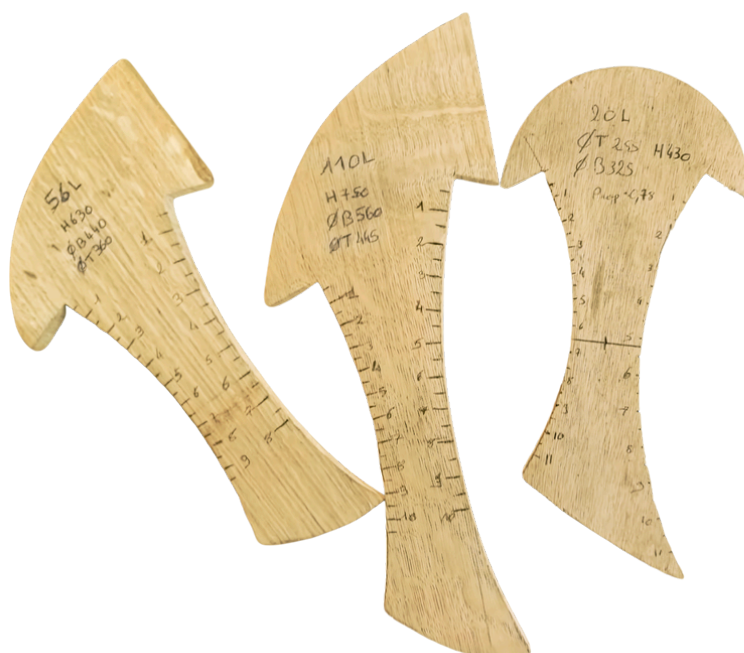
L'utilisation de la **clef de jointage double** présente **des avantages** et **des inconvénients** qu'il est important de connaître pour optimiser son utilisation dans le traçage des douelles.

✓ Avantages de la Clef Double

- ✓ **Plus précis** → Permet un ajustement optimal des douelles grâce à un tracé plus détaillé.
- ✓ **Contrôle du dolage et de l'angle en bogue** → Assure une meilleure répartition et un alignement homogène du fût.
- ✓ **Simple d'utilisation** → Une fois tracée, la clef facilite le positionnement rapide et précis des douelles.

✗ Inconvénients de la Clef Double

- ⚠ **Tracé plus long** → La réalisation demande plus d'étapes et de précisions qu'une clef simple.
- ⚠ **Complexité d'utilisation** → Nécessite une bonne compréhension du rapport entre tête et bogue pour une application correcte.
- ⚠ **Dépendance aux bonnes mesures** → Toute erreur de tracé ou de proportion peut impacter l'ensemble du jointage.





*À vous de mettre en
pratique et de
perfectionner votre
savoir-faire !*