

DENDROMÉTRIE

- ✓ **Module semestriel (S1)**
- ✓ **U. E. Fondamentale**
- ✓ **Volume horaire : 45 Heures**
- ✓ **1 Cours + 1 T.D. / Semaine**
- ✓ **Coefficient du module : 2**

- ❖ Du grec : Dendro, dendron : **Arbre** et métrie : **Mesure**.
- ✓ La « dendrométrie », étymologiquement est la **mesure des arbres**.
- ✓ Elle a pour but précis la **connaissance de leur volume**.
- ✓ Elle permet aussi l'estimation du **volume des peuplements** forestiers et la détermination de **l'accroissement en volume** des **arbres** et des **peuplements forestiers**.



CHAPITRE I : LA MESURE DES ARBRES

❖ I.1. Mesure de la grosseur d'une section

- La section d'une tige à un niveau quelconque est l'intersection de cette tige avec un plan perpendiculaire à l'axe de la tige au niveau considéré.
- La grosseur d'une section peut être estimée par le diamètre d , la circonférence c ou la surface g .



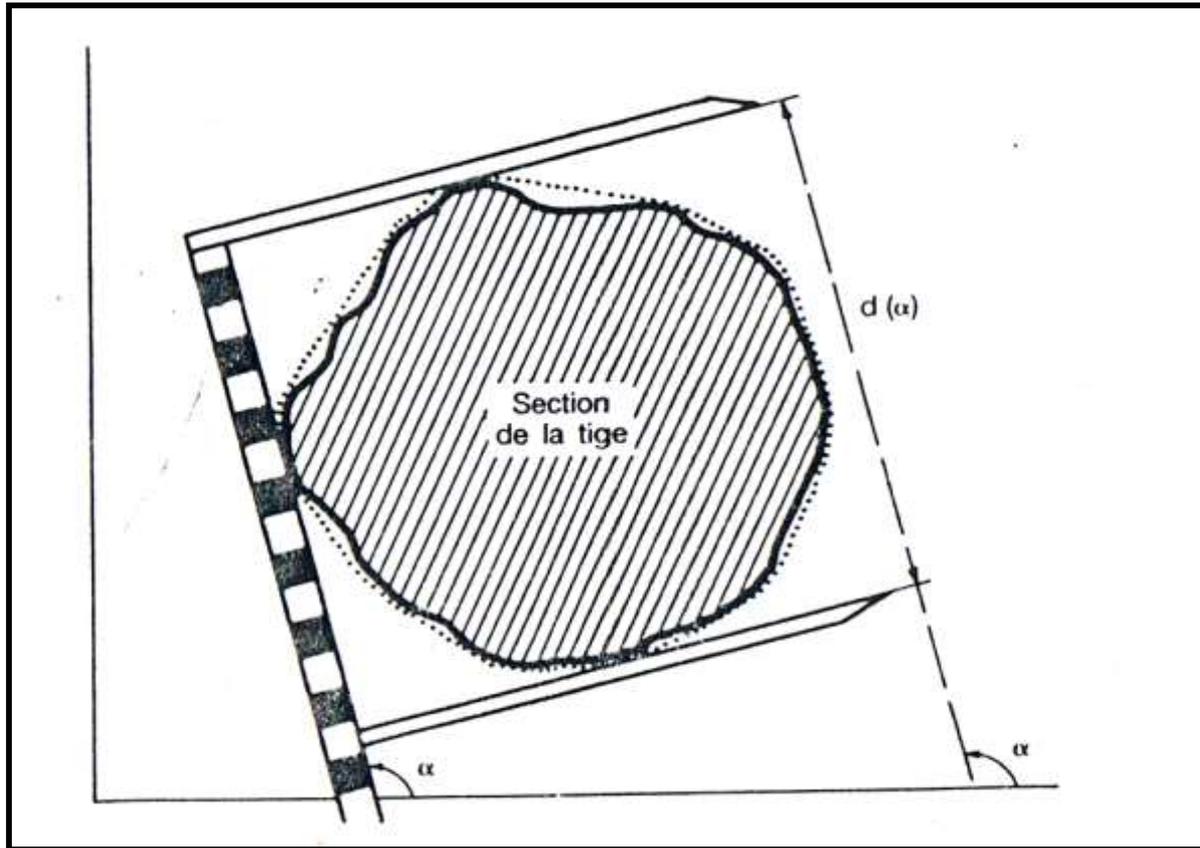


Figure 1. Circonférence, diamètre et section



- **La circonférence** c est la longueur de la plus petite courbe circonscrite au tracé de la section
- **Le diamètre** est la distance entre deux tangentes parallèles. La valeur du diamètre dépend de la direction dans laquelle on fait la mesure.
- ❖ On appelle diamètre d de la section la moyenne de tous les diamètres $d(\alpha)$ qu'on peut mesurer dans toutes les directions possibles.

$$c = \pi d \text{ donc } d = c / \pi$$

- **La surface**

$$\hat{g} = c^2 / 4 \pi = \pi d^2 / 4$$

(\hat{g} estimation de la valeur exacte g). L'écart entre \hat{g} et g est d'autant plus important que la section est plus cannelée et méplate.



□ **Mesure pratique de la grosseur d'un arbre**

- ✓ Pour la circonférence : Prendre la mesure au **ruban**.
- ✓ Pour un diamètre : Utiliser un compas.

Le diamètre est mesuré à l'aide du **compas forestier** à bras mobile. La graduation utilisée a un champ de 5 cm ce qui signifie par exemple qu'un arbre de diamètre annoncé 35 cm a en réalité un diamètre compris entre 32.5 et 37.49 cm.

Le compas est dit compensé s'il est gradué directement en classes de diamètres. Sa première classe (classe zéro) a alors une graduation d'une demi-graduation.

Pour les petits arbres, on utilise des compas compensés au centimètre.

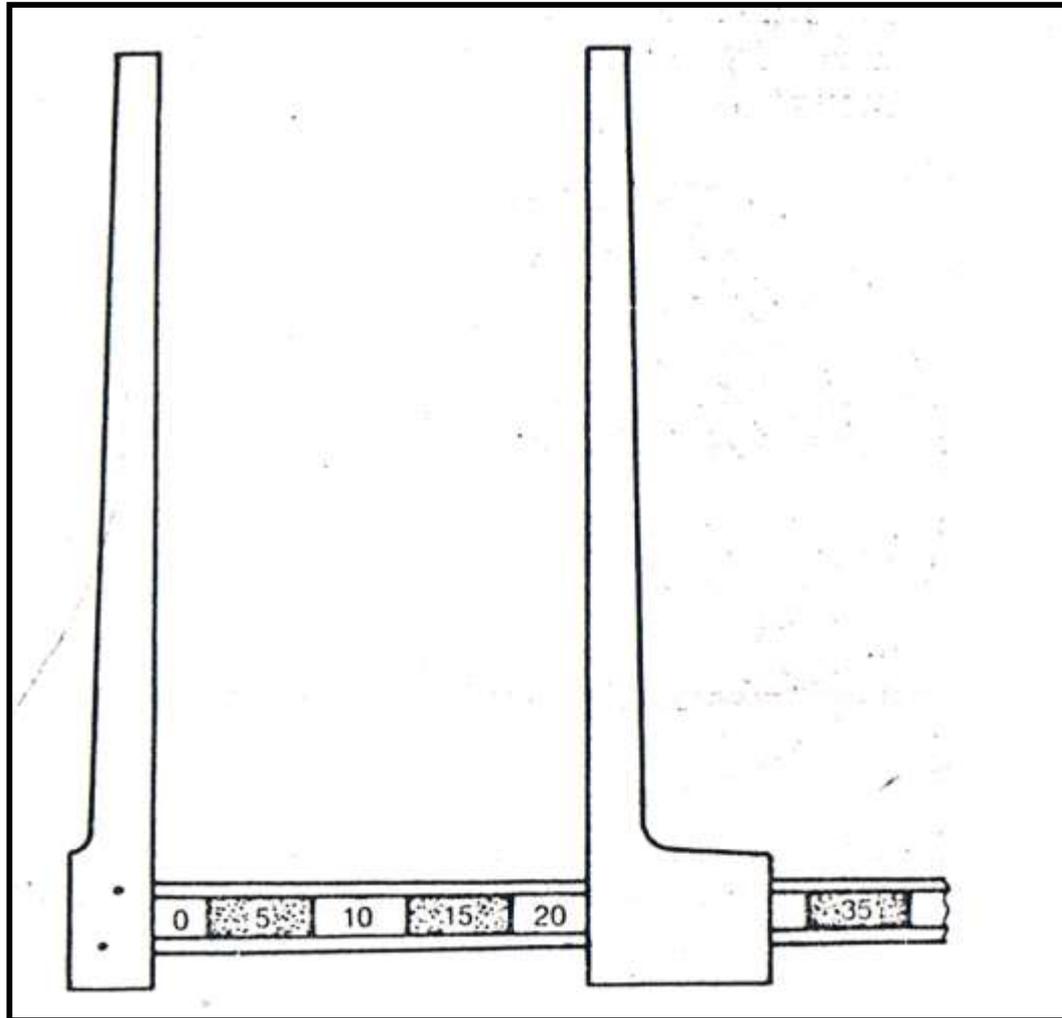


Figure 2 : Compas forestier « compensé »



- Préférer les compas métalliques qui se déforment peu.
- Bien appliquer le manche et les deux bras du compas contre l'arbre sans toutefois exagérer si l'écorce est molle.
- Éliminer les mousses, les lierres, etc....
- Tenir le compas perpendiculaire à l'axe de la tige.
- Vérifier fréquemment le parallélisme des deux bras.
- Pour cuber les arbres avec précision, d'autres diamètres peuvent être mesurés à d'autres niveaux que 1.30 m. Le plus simple est **le compas finlandais.**

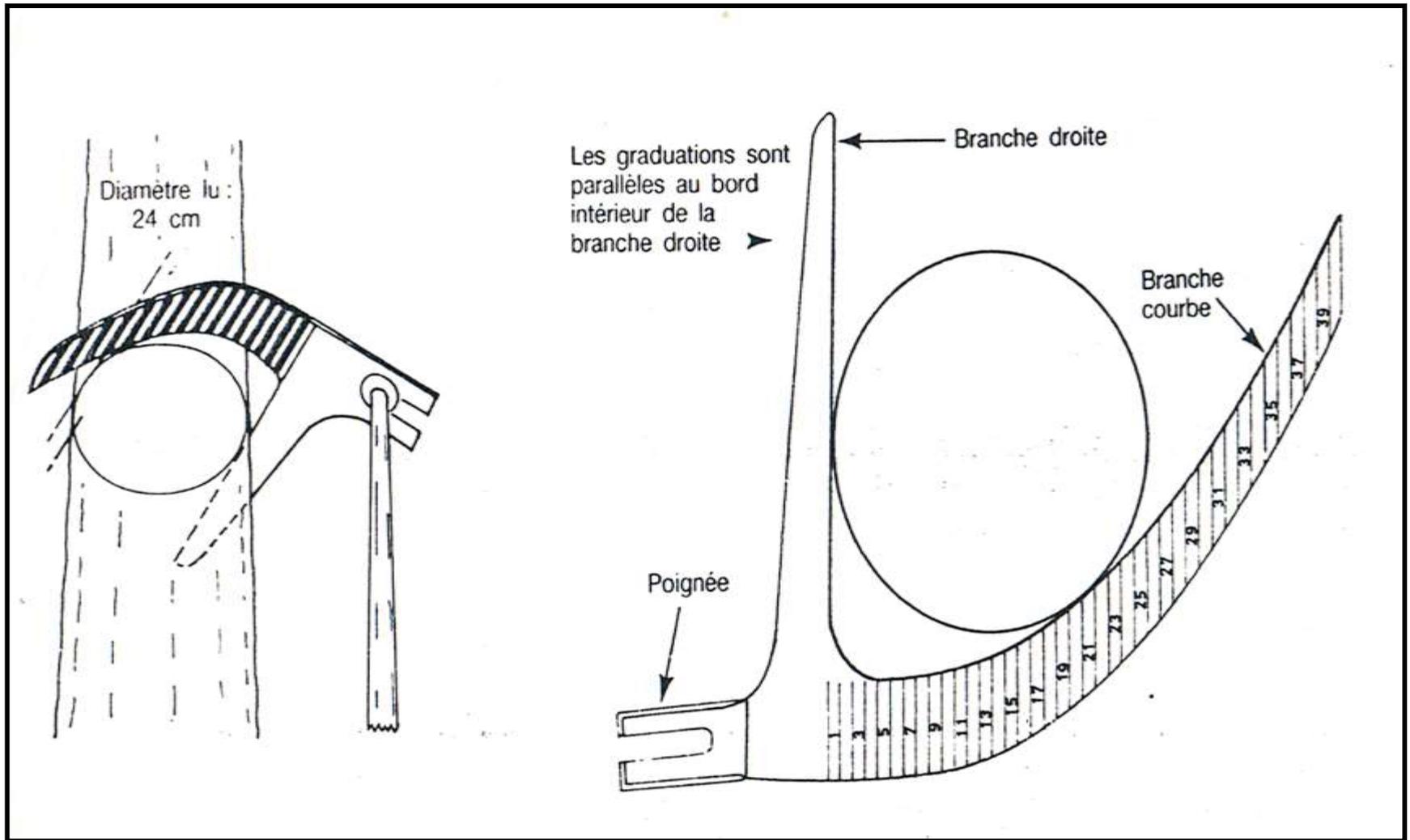


Figure 3 : Mesure du diamètre au compas finlandais



❖ **Appareils de mesure du diamètre :**

- ✓ Le dendromètre BARR et STROUD.
- ✓ Le relascope de BITTERLICH : Cet appareil permet de mesurer les diamètres à des hauteurs diverses, les hauteurs, le coefficient de forme, la surface terrière d'un peuplement et les pentes. Il permet également d'en déduire le volume d'un arbre.
- ✓ Le compas optique de WHEELER : Il permet également la mesure du diamètre à divers niveaux d'un arbre sur pied.





Photo 4 : Le compas forestier électronique



Conventions de mesure liées à la topographie

- ✓ Mesure du côté amont de l'arbre sur terrain en pente (a)
- ✓ Choix d'un niveau moyen matérialisant le point inférieur de mesure de la hauteur d'homme dans le cas d'un sol à surface très irrégulière (c).

Conventions liées à la morphologie des arbres

- ✓ Mesures individuelles des tiges d'arbres fourchus si la fourche prend naissance en dessous du niveau hauteur d'homme (e, d).
 - ✓ Mesure en oblique dans le cas d'arbres penchés (b)
- Résultat moyen si le défaut se trouve à hauteur d'homme (f).

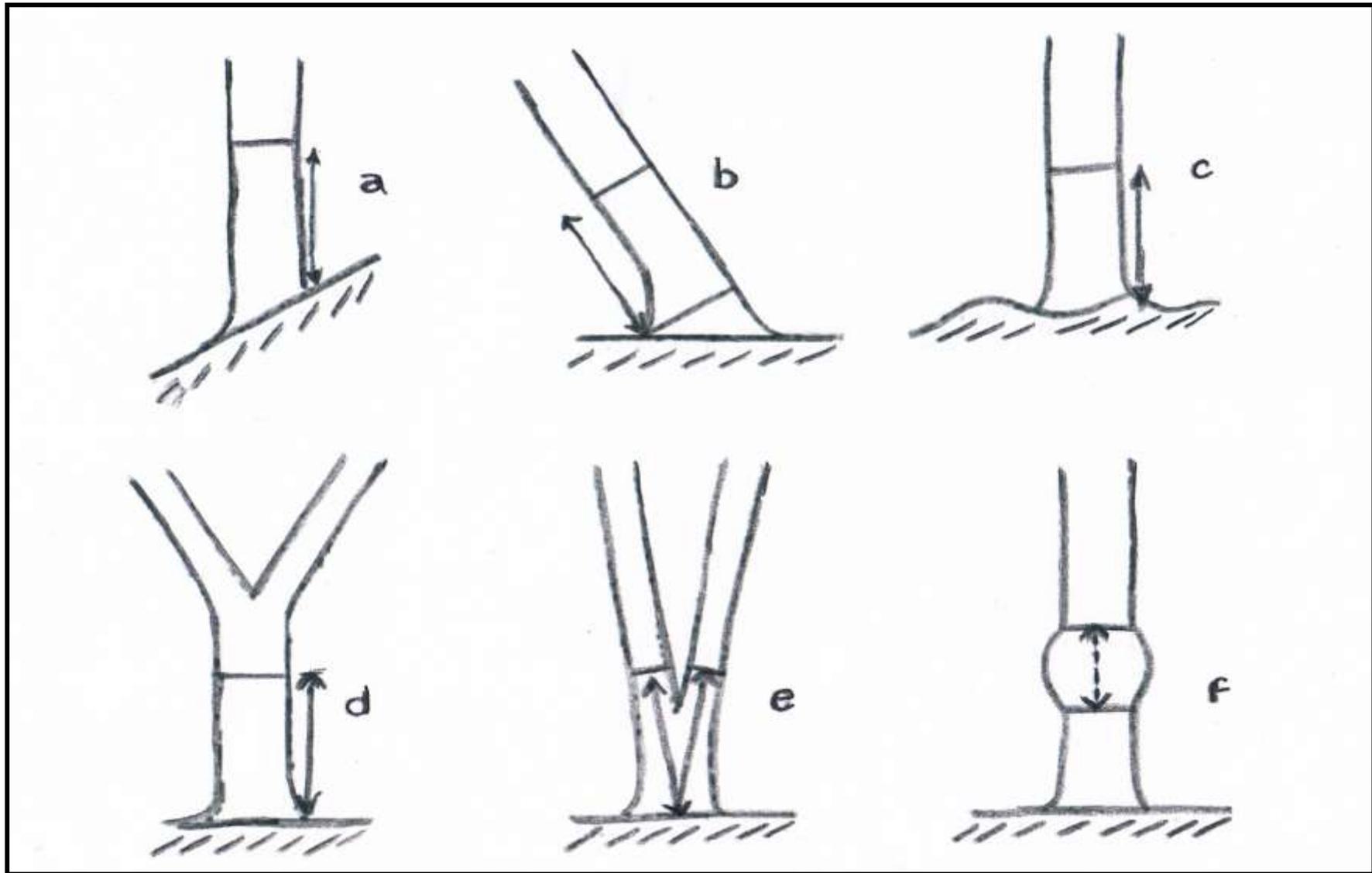


Figure 5 : Conventions a adopter en fonction de la topographie et de la morphologie des arbres

❖ I.2. Mesure de la hauteur d'un arbre

- La hauteur d'un arbre est la longueur du segment de droite qui joint le pied de l'arbre à son bourgeon terminal.
 - On peut définir d'autres hauteurs :
 - ✓ La hauteur à la découpe bois fort (7 cm de diamètre).
 - ✓ La hauteur à la découpe « marchande ».
 - ✓ La hauteur au premier défaut, etc...
 - On utilise des perches graduées dans les jeunes peuplements.
 - Le plus souvent, on utilise des appareils spéciaux appelés **dendromètres**.
- 

❖ **La croix du bucheron**

Composée de deux baguettes de bois d'égale longueur, l'une tenue près de l'œil parallèlement au sol, l'autre au bout de la première, verticalement. On avance, on recule, jusqu'à apercevoir le pied et le sommet de l'arbre dans le prolongement des extrémités de la baguette verticale. On mesure alors la distance suivant le terrain au double pas ou au ruban.



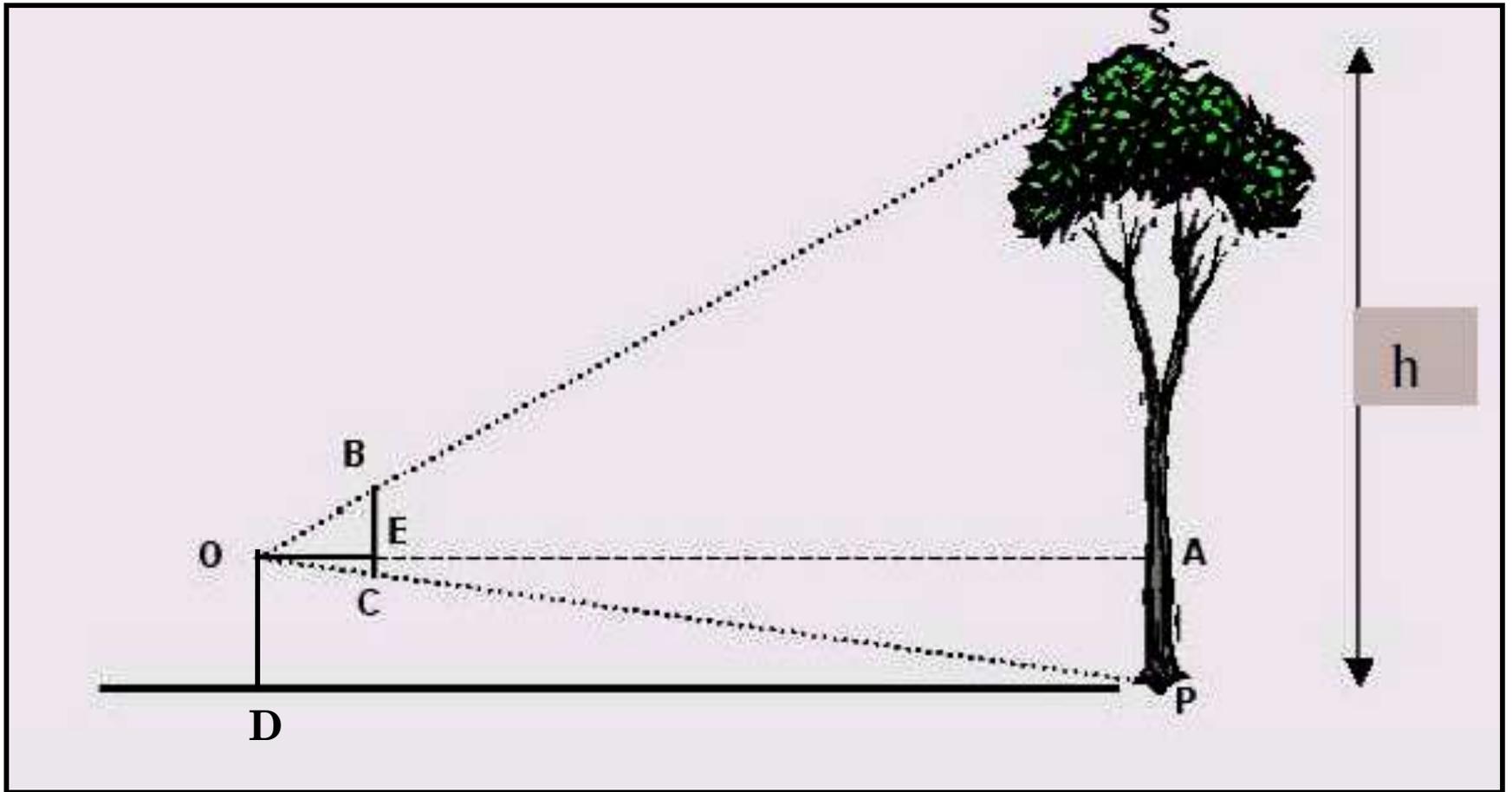


Figure 6 : Mesure de la hauteur à l'aide de la croix du bucheron

$$SP/BC = OA/OE \text{ et si } BC = OE \text{ alors } SP = OA = DP$$



❖ **Appareils de mesure de la hauteur :**

- ✓ Le dendromètre BLUME-LEISS
- ✓ Le dendromètre SUUNTO.
- ✓ Le relascope de BITTERLICH.
- ✓ Le dendromètre de CHRISTEN.





Photo 7 : le dendromètre BLUME-LEISS



La mire pliante



❖ I.3. Précision des appareils et des mesures

▪ Précision sur la mesure de grosseur

- ✓ Pour la circonférence et le diamètre, on admet qu'on peut atteindre une précision égale à **la moitié de la graduation**. Ainsi, avec un compas compensé en classes de 5 cm, on atteint une précision de 2.5 cm sur le diamètre.
- ✓ Comme la surface de la section est donnée par :

$$g = \pi d^2/4$$

$$\Delta g/g = 2 \Delta d/d$$

- **L'erreur relative sur la surface de la section est le double de l'erreur relative sur le diamètre.**



▪ **Précision sur la mesure de grosseur**

❖ On distingue traditionnellement :

- Les erreurs dues à l'appareil.
- Les erreurs dues à l'opérateur.
- Les erreurs dues à l'objet visé.

*** Conseil final : Quel que soit l'appareil (compas ou dendromètre), il est nécessaire avant une première utilisation de vérifier son exactitude et, le cas échéant, de le ré-étalonner.**

✓



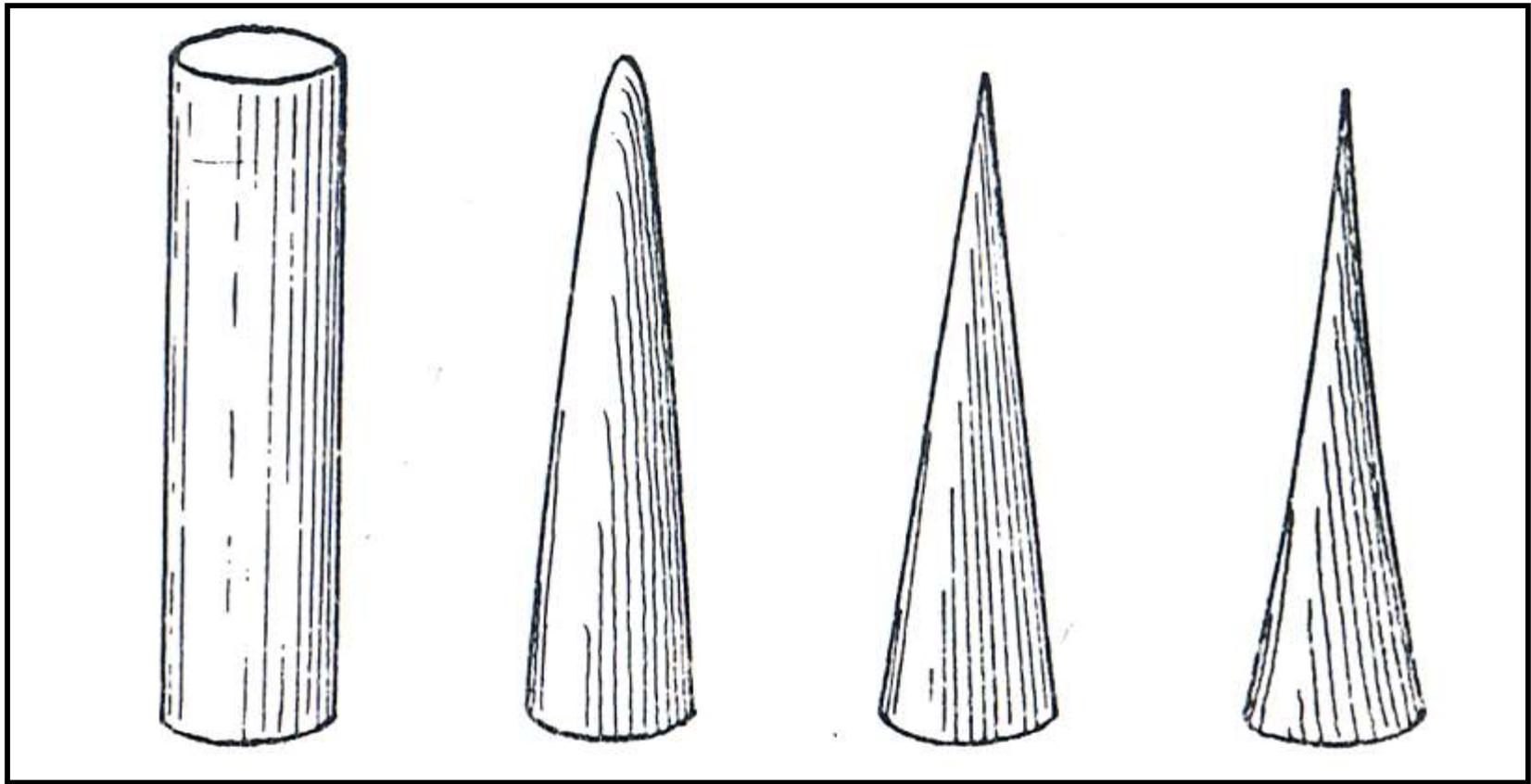
❖ I.4. Cubage des arbres

▪ Cubage commercial et types dendrométriques

Le volume d'un arbre se rapproche plus ou moins d'un des solides géométriques suivants, engendrés par la rotation de la ligne plane tournant autour d'un axe situé dans son plan :

- Le cylindre.
- Le paraboloïde d'APOLLONIUS.
- Le cône.
- Le néloïde.





Cylindre

Paraboloïde

Cône

Néloïde

Figure 8 : Types dendrométriques



- ✓ Ces solides sont appelés « **types dendrométriques** ».
- ✓ Les courbes planes qui les engendrent ont pour équation générale : $y^2 = p x^n$
- ✓ Le volume du solide engendré par la rotation des courbes planes envisagées a pour équation :

$$v = g_0 h / n + 1 \quad (g_0 \text{ étant la section de base})$$

- ✓ Le volume commercial de tels solides est :

$$v_c = g_0 h (1/2)^n$$

- ✓ Le rapport :

$$v_c / v = n + 1 / 2^n$$



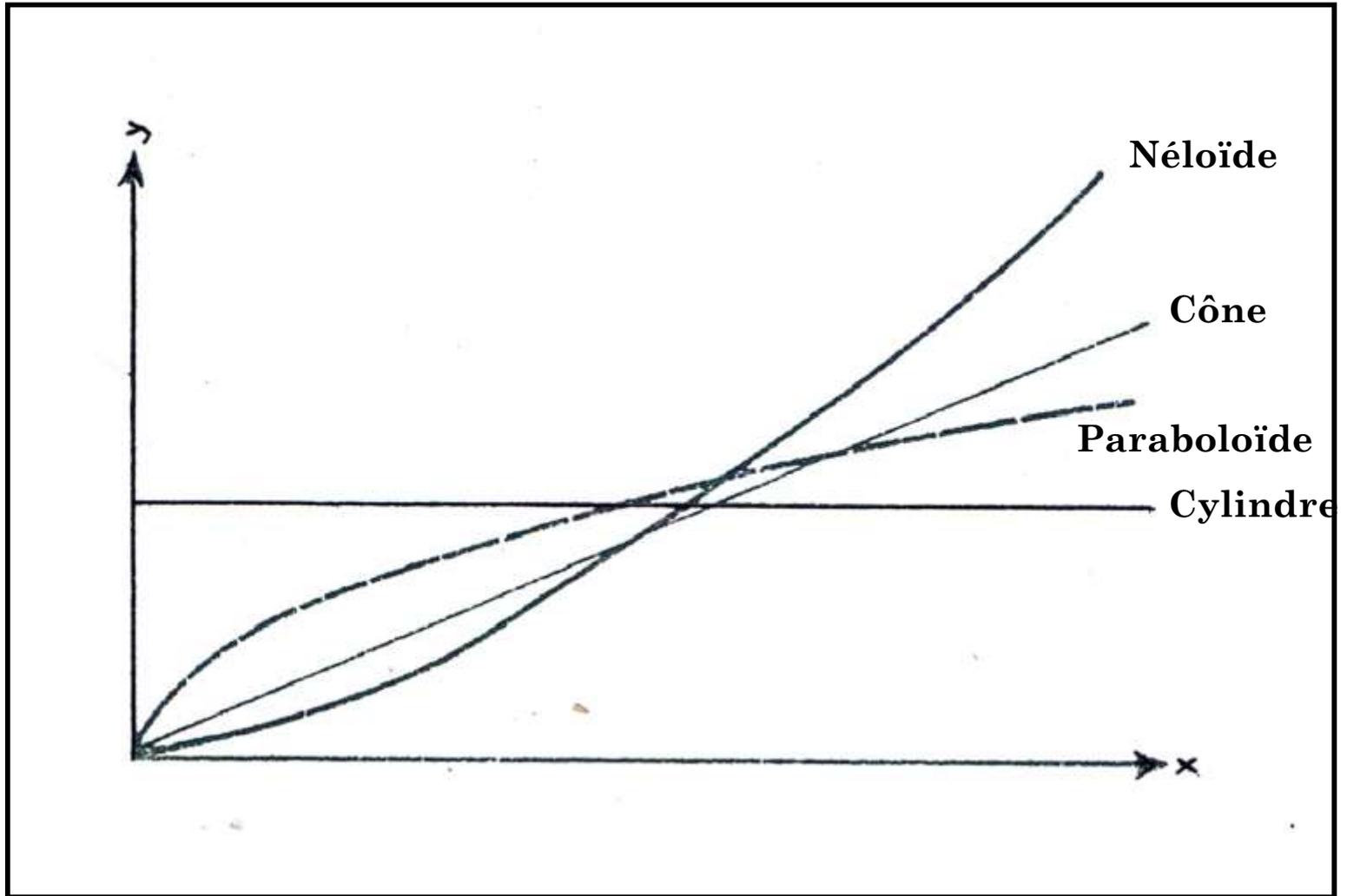


Figure 9 : Courbes correspondant aux types dendrométriques



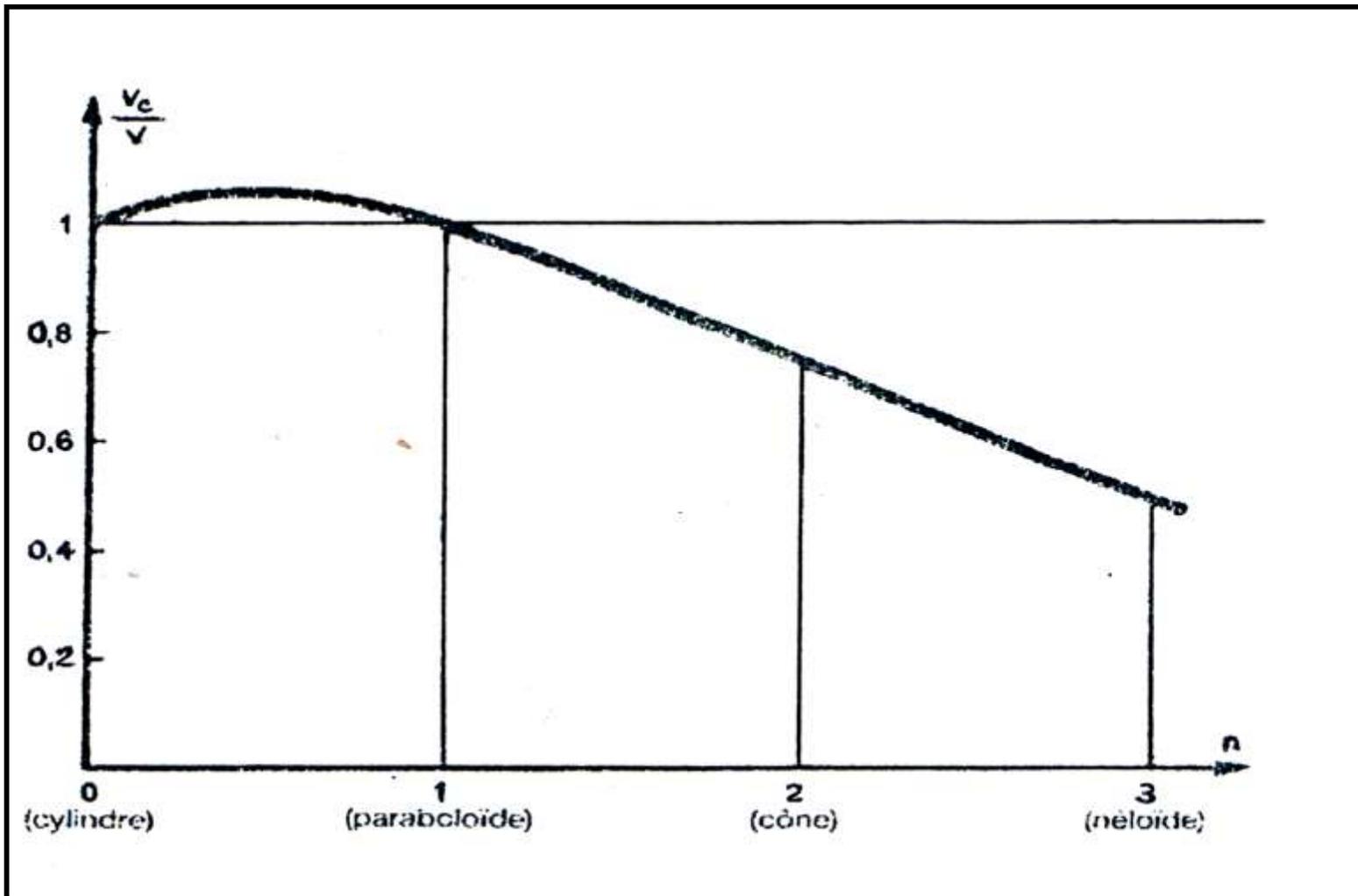


Figure 10 : Rapport V_c/V en fonction des types dendrométriques

❖ Conclusion

- Le volume commercial correspond au volume géométrique pour les arbres de forme cylindrique et parabololoïde.
- Le volume commercial est inférieur du quart par rapport au volume géométrique pour les arbres de forme conique.
- Le volume commercial est inférieur de la moitié par rapport au volume géométrique pour les arbres de forme néloïde.



▪ Cubage par billons d'égales longueurs

- Soit assimiler chaque billon à un cylindre : qu'on cube par la formule commerciale.

Si g_i est la surface de la section au milieu d'un billon et la longueur de chaque billon est de 1 mètre, on a alors :

$$v_i = \sum g_i \quad (\text{Formule de HUBER})$$

- Soit assimiler chaque billon à un tronç de parabololoïde :

$v_i = 1/2 (g_i + g_{i+1})$ et $v = g_1/2 + \sum g_i + g_n/2$ (Formule de SMALIAN)

- Soit utiliser la formule des trois niveaux quand la longueur des billons est de 2 m : $v_i = 2/6 (g_{2i-1} + g_{2i+1} + 4 g_{2i})$

et $v = 1/3 (g_1 + 4 \sum g_{2i} + 2 \sum g_{2i+1} + g_{2n+1})$

(Formule de SIMPSON)



TD N° 1: Application de la formule de HUBER

Un chêne d'une hauteur de 36 m, de hauteur bois fort 32 m et de diamètre (à 1.30 m) de 76.4 cm a été cubé par billons successifs de 1m de longueur chacun. Les diamètres correspondants sont présentés dans le tableau suivant.

- 1/ Calculez son volume selon la formule de HUBER.
- 2/ Calculez son volume commercial.
- 3/ Qu'en déduire de ces deux valeurs obtenues?



Tableau : diamètres de billons successifs d'un chêne

Niveau de la mesure (m)	Diamètre (cm)
0.5	89.7
1.5	74.4
2.5	70.3
3.5	68.1
4.5	67.1
5.5	66.2
6.5	65.5
7.5	64.9
8.5	65.2
9.5	64.2
10.5	64.9
11.5	64.5
12.5	64.2
13.5	66.8
14.5	56.6
15.5	55.6

Niveau de la mesure (m)	Diamètre (cm)
16.5	53.4
17.5	52.2
18.5	51.5
19.5	50.8
20.5	39.4
21.5	38.1
22.5	37.1
23.5	31.5
24.5	30.9
25.5	30.3
26.5	22.0
27.5	16.7
28.5	16.0
29.5	14.3
30.5	11.3
31.5	8



TD N° 2 : Application des formules de SMALIAN et SIMPSON

Un Épicéa d'une hauteur de 30 m, de hauteur bois fort 26 m et de diamètre (à 1.30 m) de 40 cm a été cubé par billons successifs de 1m de longueur chacun. Les diamètres correspondants sont présentés dans le tableau suivant :



Niveau de la mesure (m)	Diamètre (cm)
0	48
1	40.8
1.30	40
2	38.4
3	37
4	36.1
5	35.2
6	34.6
7	33.8
8	33
9	32.2
10	31.5
11	30.8
12	29.4

Niveau de la mesure (m)	Diamètre (cm)
13	29
14	28.4
15	26.9
16	25.7
17	24
18	22.8
19	21.9
20	20.2
21	18.5
22	16
23	14.4
24	12.6
25	9.2
26	7.5

- 1/ Calculez son volume selon la formule de SMALIAN.
- 2/ Calculez son volume selon la formule de SIMPSON.
- 3/ Calculez son volume selon la formule de PRESSLER.
- 4/ Calculez son coefficient de forme.
- 5/ Calculez la décroissance métrique.



▪ Cubage par billons de longueurs inégales

Le cubage d'arbres debout à l'aide du dendromètre BARR et STROUD, du relascope de BITTERLICH ou du compas optique de WHEELER, s'appuient sur des billons élémentaires de longueurs inégales. On utilise alors la formule de SMALIAN pour calculer le volume v :

$$v = h_1 g_1/2 + \sum_{i=2}^{n-1} h_i (g_{i-1} + g_i)/2 + h_n g_n/2$$



▪ La méthode américaine de cubage au planimètre

- ✓ Lorsqu'on porte les hauteurs en ordonnées et les diamètres en abscisses on aura le « profil de l'arbre ».
- ✓ Supposons qu'au lieu des diamètres on porte les surfaces de section en abscisses ; l'axe des x pourra tout de même rester gradué en diamètre, mais ces graduations seront de dimensions inégales et de plus en plus grandes au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'axe des x, puisqu'au lieu de la valeur d on portera chaque fois : $s = \pi d^2/4$
- ✓ On obtient alors un profil différent de celui obtenu précédemment.



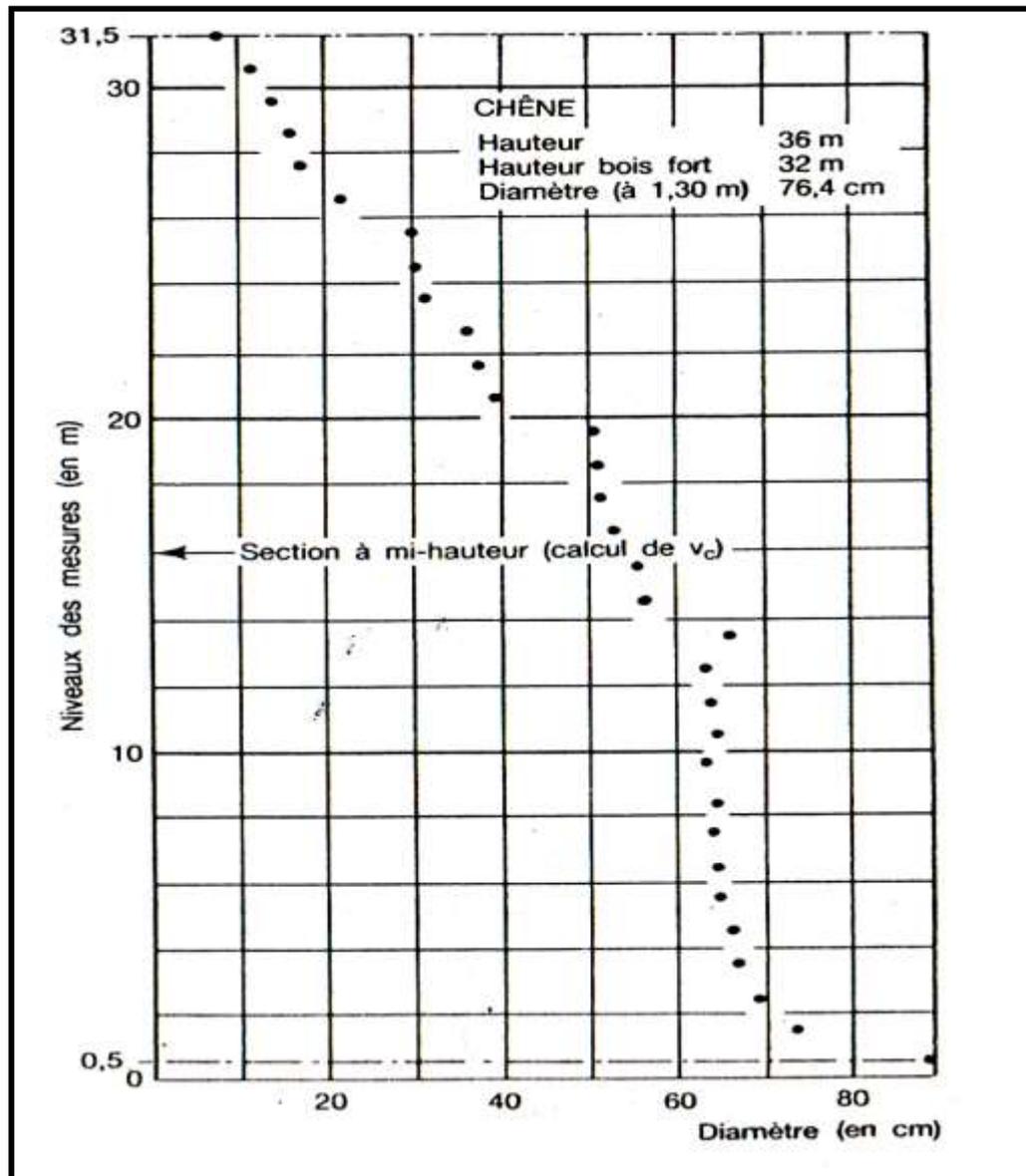


Figure 11 : Cubage d'une tige par billons successifs

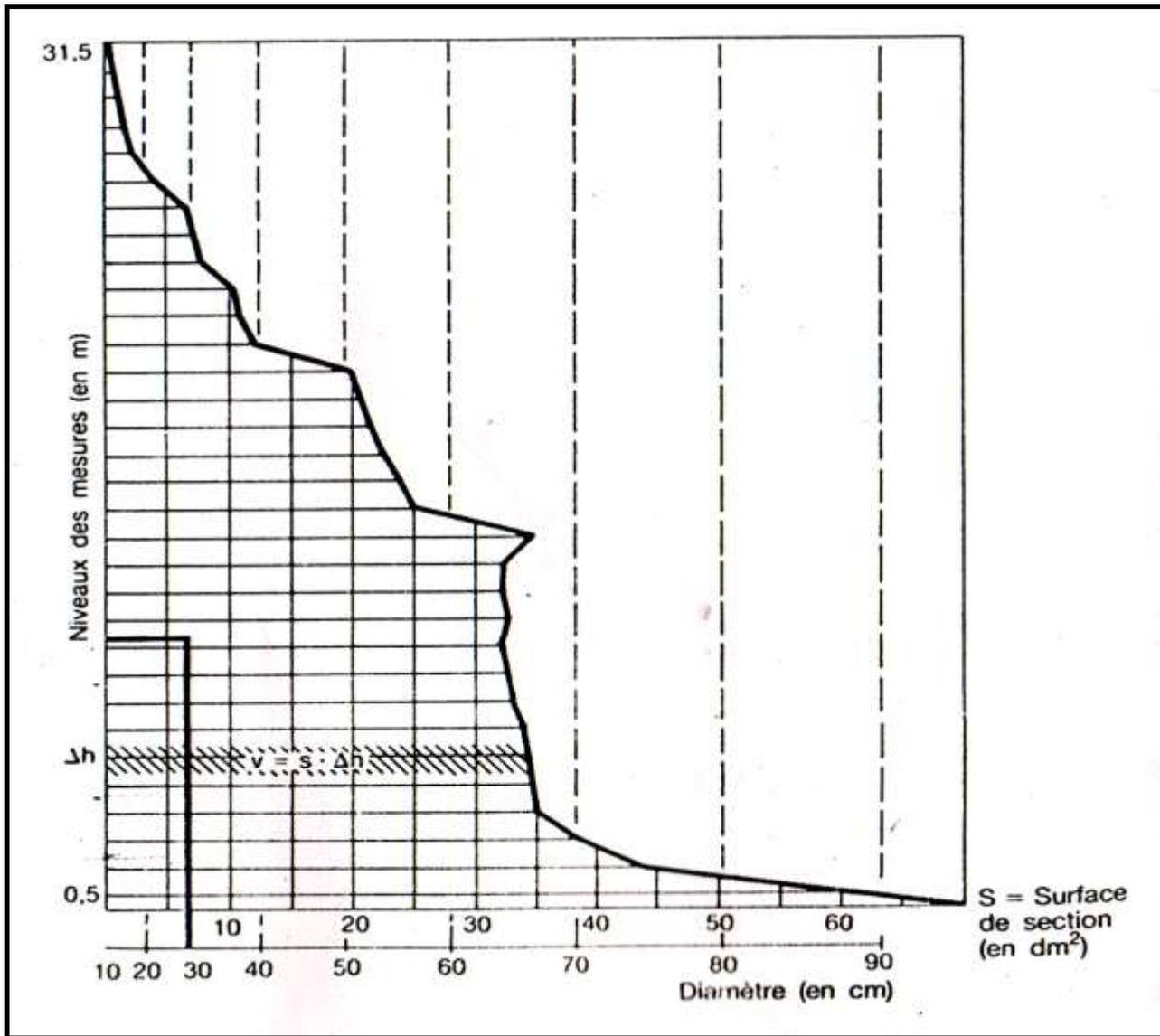


Figure 12 : Cubage au planimètre



- ✓ Chaque billon élémentaire de hauteur h peut être assimilé à un cylindre de section moyenne s et de volume $v = s \times h$.
- ✓ Le volume total V est donc proportionnel à l'aire S comprise entre l'axe des ordonnées et la courbe du profil.
- ✓ Chaque centimètre carré de cette surface correspond à un certain nombre de décimètres cubes d'arbre et

$$V = k \times S$$

- ✓ **Comment déterminer ce facteur k ?**



- ✓ Représentons sur notre graphique un cylindre de dimensions connues.
- ✓ Ex. 30 cm de diamètre à la base et 10 m de hauteur. Sa surface est s_1 . Le volume est $V_1 = k \times s_1$
- ✓ L'aire planimétrée pour le cylindre test est $s_1 = 7.14 \text{ cm}^2$.
- ✓ L'aire planimétrée sous la courbe de l'arbre est :

$$S = 72.78 \text{ cm}^2$$

- ✓ Le volume du cylindre est en dm^3 :

$$V_1 = \pi/4 \times 3 \times 3 \times 100 = 706.86 \text{ dm}^3$$

- ✓ Le facteur de conversion est donc : $k = 706.86/7.14 = 99$
- ✓ Ce qui signifie que chaque cm^2 du graphique représente 99 dm^3
- ✓ Le volume de l'arbre est donc : $V = 72.78 \times 99 = 7205 \text{ dm}^3$



- **Formule de cubage rapide**

- ✓ Formule d'ALGAN-MONNIN : à employer lorsque les longueurs de grumes sont comprises entre 4 et 12 m de hauteurs. On a :

$$v = (h + 2) d^2/2$$

Où : d désignant le diamètre à 1.30 m en mètres.

h la hauteur à la découpe en mètres.

v le volume en m³ correspondant.

- * Si h = 8 m. Elle devient :

$$v = 10 d^2/2$$



▪ La méthode de cubage de PRESSLER

- ✓ Nous savons qu'une tige d'arbre peut s'assimiler suivant les cas à un cône, un parabololoïde ou un néloïde.
- ✓ Soit s la section de base et h la hauteur. Le volume v de ces solides sont, nous l'avons démontré :
 - Dans le cas du parabololoïde $v = sh/2$;
 - Dans celui du cône : $v = sh/3$
 - Et dans celui du néloïde : $v = sh/4$.
- ✓ Cherchons, dans chaque cas, à quelle hauteur se trouve le diamètre égal à la moitié du diamètre à la base.
- ✓ Soit h_1 cette hauteur.



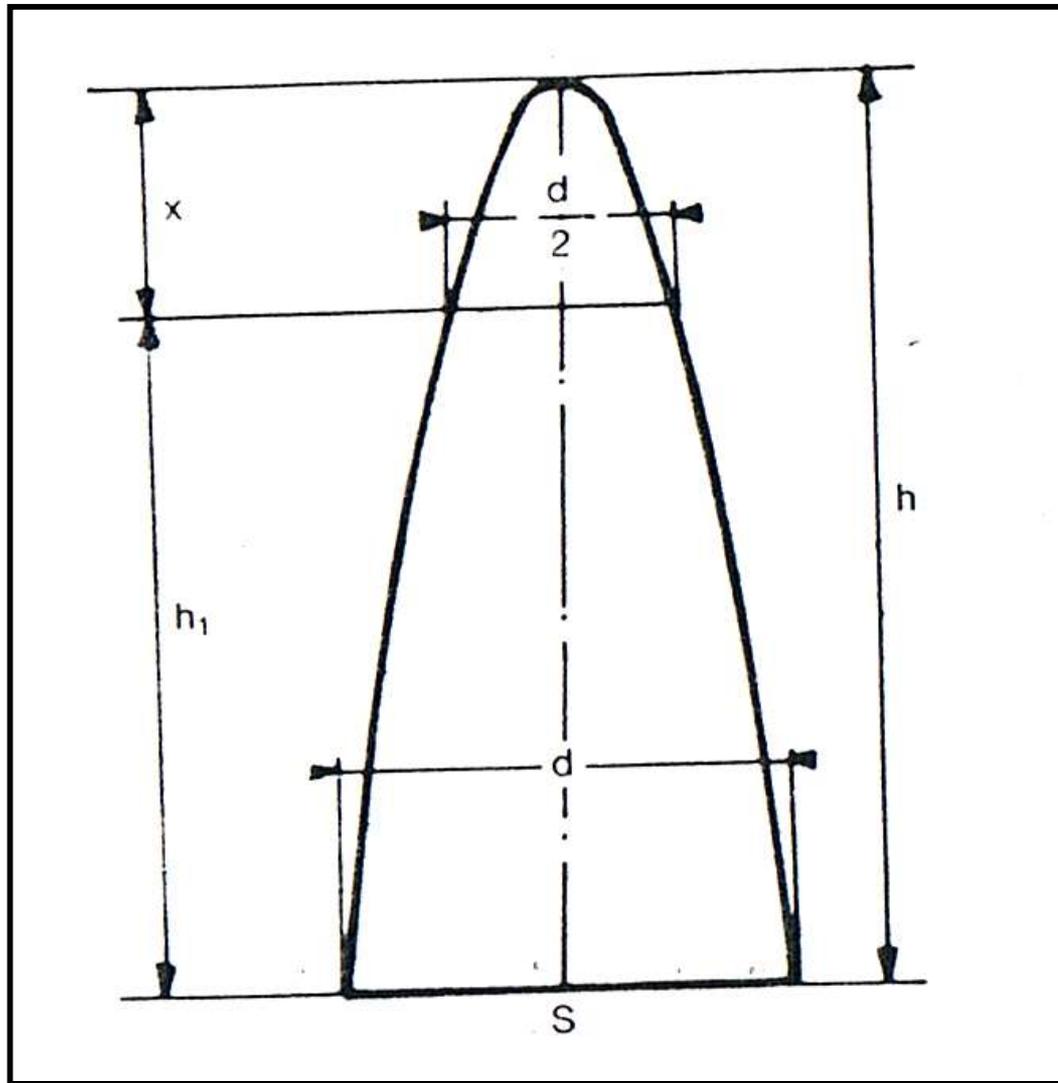


Figure 13 : Diamètres de base et la moitié du diamètre à h_1



❖ Nous trouvons tous calculs faits :

➤ Pour le parabololoïde : $h_1 = 3/4 h$; $h = 4/3 h_1$

➤ Pour le cône : $h_1 = h/2$; $h = 2 h_1$

➤ Pour le néloïde : $h_1 = 0.37 h$; $h = 100/37 h_1$

✓ Remplaçons h par sa valeur en fonction de h_1 . On trouve toujours - exactement ou à très peu près - une formule unique :

$$v = s \times 2/3 h_1$$

✓ Cette remarquable formule de cubage était restée sans emploi pratique parce qu'il n'y avait aucun moyen simple de mesurer facilement la hauteur h_1 .

✓ BITTERLICH a su lever la difficulté et redonner une jeunesse nouvelle à une formule oubliée.

❖ 1.5. Mesures diverses

- **Le pourcentage d'écorce** : L'écorce est pratiquement, pour le scieur, un déchet qui ne l'intéresse pas. Il est donc nécessaire de savoir chaque fois quel pourcentage d'écorce devra être défalqué du volume-grume sur écorce.
- ❖ Cette proportion est d'autant plus importante que l'arbre est jeune, que l'altitude augmente et d'une façon générale, que les conditions de croissance sont plus difficiles.



- Le **Barkmätare** suédois « **le mesureur d'écorce** ».

L'appareil est entièrement métallique. Il est formé d'une poignée, d'une petite semelle solidaire d'un repère gradué en cm et mm.

- Le « **marteau sondeur** », car on l'utilise comme un marteau, le tube coupant devant frapper l'arbre à angle droit.



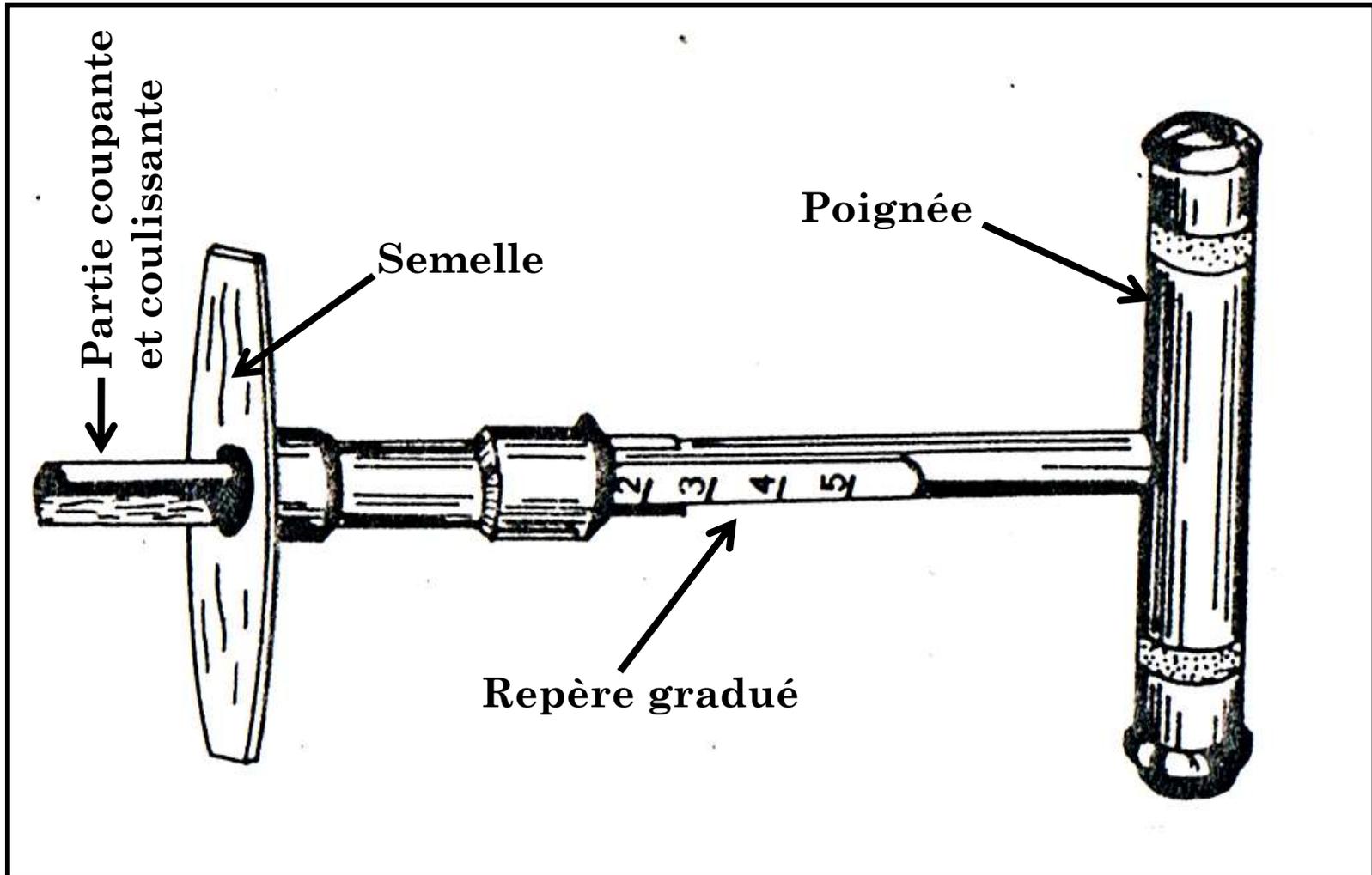


Figure 14 : le Barkmätare suédois



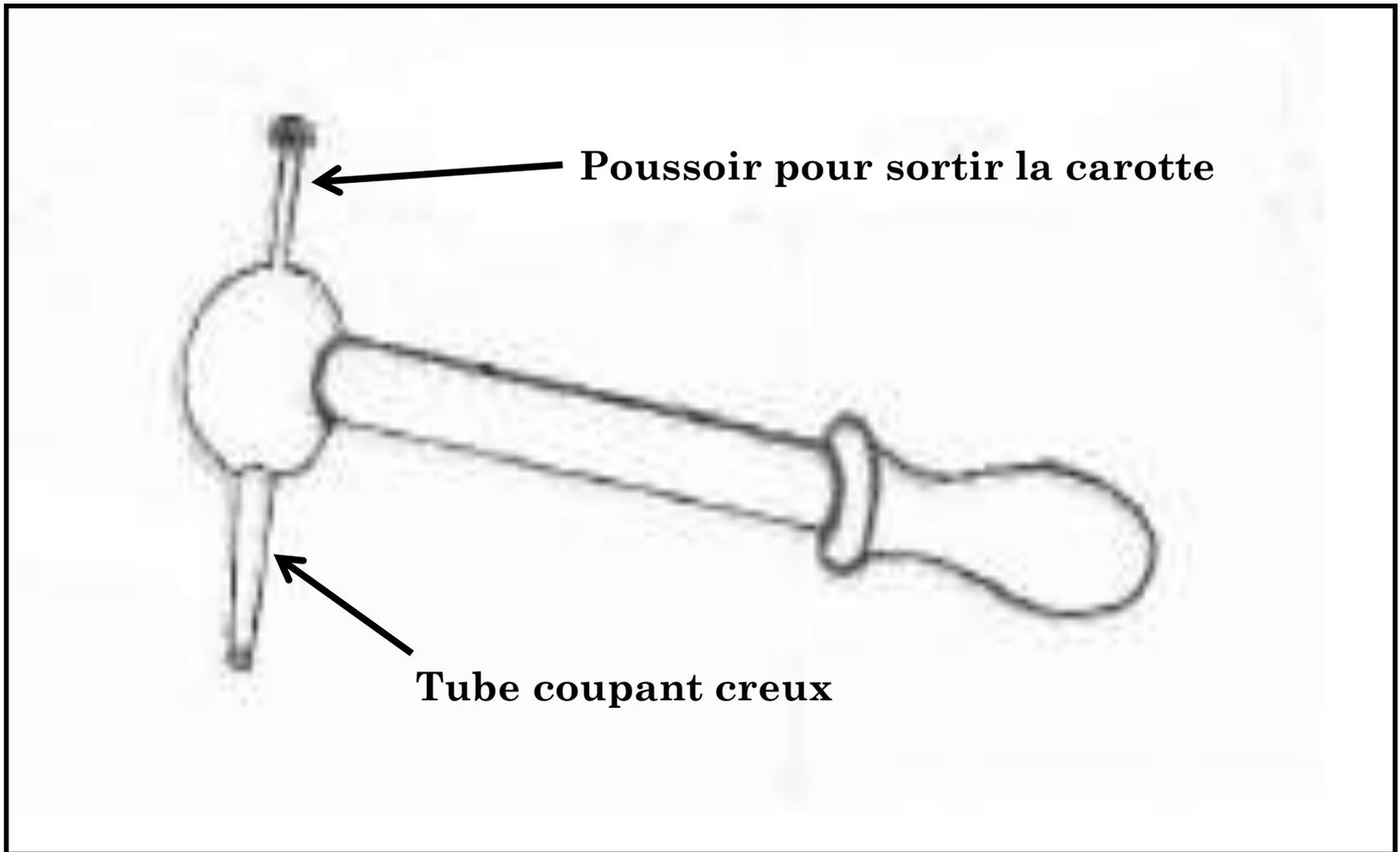


Figure 15 : Le marteau sondeur



- ❖ Soit e l'épaisseur de l'écorce.
- ✓ Le diamètre sous-écorce d se déduit du diamètre sur écorce D par la relation évidente : $d = D - 2 e$
- Si on parle circonférence, on aura alors :
- ❖ Soit C la circonférence sur écorce ;
- ✓ c la circonférence sous-écorce correspondante.
- ✓ On peut écrire : $c = 2\pi (D/2 - e) = \pi D - 2 \pi e = C - 2 \pi e$
- ✓ Finalement, la relation suffisamment exacte :

$$c = C - 6.28 e$$



- ❖ Dans la pratique courante, on ne dispose pas d'un mesureur d'écorce et l'on se contente d'un pourcentage global, par essence, qui se défalque du volume grume sur écorce connu.

Tableau : Pourcentage d'écorces de quelques essences

Essence	Pourcentage d'écorce
Pin d'Alep	23 à 24 %
Pin maritime	À 20 ans : 30 % ; à 60 ans : 23 à 25 %
Pin noir d'Autriche	18 à 22 %
Cèdre	15 à 16 %
Douglas	10 à 11 %
Bouleau	18 % (arbres jeunes) 12 % (arbres âgés)
Hêtre	9 % (arbres jeunes) ; 5 % (arbres âgés)
Chêne pédonculé	14-15 % (arbres jeunes) ; 10 % (arbres âgés)

- **Les bois enstérés** : Il s'agit de pièces de petites dimensions qui s'empilent en rangées parallèles sous forme de parallélépipède. On ne mesure plus alors le volume plein, mais leur volume d'**encombrement**, produit de la longueur des pièces par leur hauteur de la pile d'abord, la longueur de « couche » ensuite. L'unité de mesure est alors **le stère**.
- ❖ **Le stère** : c'est le volume d'encombrement occupé par des bois d'un mètre de long empilés sur un mètre de large et un mètre de haut.



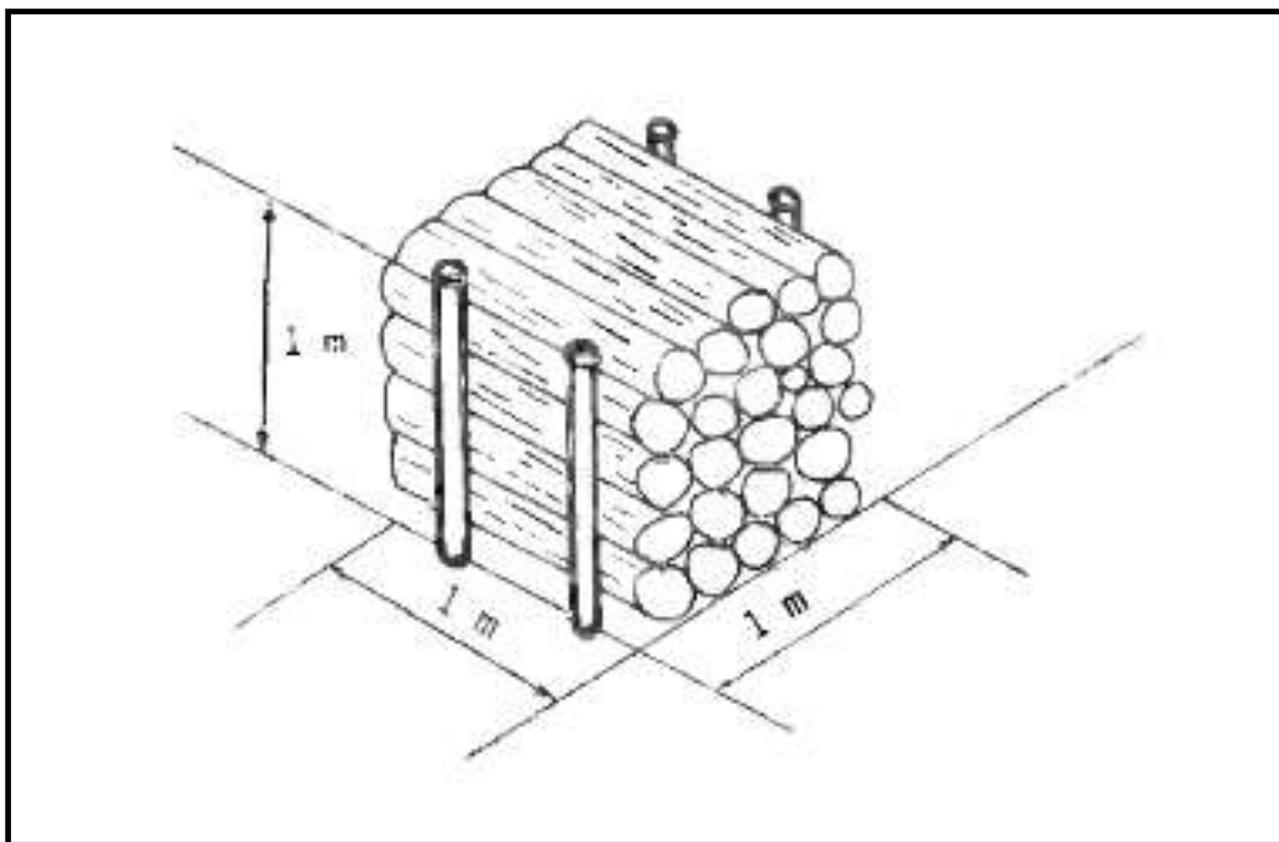


Figure 16 : Bois empilés en stère



- ✓ Lorsque les bois en cause n'ont pas cette longueur de 1 m, on leur donne une hauteur inversement proportionnelle, pour qu'une pile de bois ait toujours un volume d'encombrement égal en stères à sa longueur.
- ✓ Chaque pile de bois doit avoir une hauteur uniforme et ne contenir qu'un nombre entier de stère (avec tolérance, par exception, d'une fraction d'un demi-stère).
- ✓ Dans les pentes, les piles de bois doivent toujours être orientées suivant la ligne de plus grande pente, la longueur de couche étant mesurée horizontalement. 

- ❖ Le volume apparent des bois empilés, exprimé en stères, correspond à des volumes d'air et de bois dont le rapport est variable.
- ✓ On appelle **coefficient d'empilage** le rapport, toujours plus petit que 1, du volume plein de bois exprimé en m³ au volume apparent exprimé en stères.
- ✓ Ce coefficient serait pour des bois empilés rigoureusement cylindriques et de même diamètre égal à $\pi/4$ (rapport de la surface du cercle à celle du carré dans lequel il est inscrit).



- ❖ Pratiquement, ce rapport varie avec la longueur des bois empilés, leur grosseur, leur rectitude.... et la conscience du bûcheron.
- ✓ Le coefficient d'empilage diminue quand la longueur des bois augmente, d'autant plus que ceux-ci sont moins droits. Il diminue quand la grosseur des bois diminue.
- ✓ On peut mesurer le volume plein par immersion des bois dans un **xylomètre**.
- ✓ Le coefficient d'empilage varie en pratique de **0.45** à **0.77**.



- **Projection horizontale de cime** : La mesure de la surface de la projection horizontale d'une cime est intéressante notamment lorsqu'on cherche à caractériser les effets d'une éclaircie, le développement de la cime étant assez étroitement lié à l'accroissement en diamètre du tronc.
- ✓ À l'œil, repérer un point qui sera le centre de rayonnement O. Ce point sera le plus souvent proche du pied de l'arbre qui côté où la cime a la plus grande ampleur. On y plante un jalon.



- ✓ Matérialiser sur le terrain 8 directions, décalées de 45° en 45° , à l'aide de 8 autres jalons C1,C2,.....C8.
- ✓ À l'aide d'un appareil à miroir, repérer le point B1 , intersection de la projection horizontale de la cime avec le rayon OC1 et ainsi de suite jusqu'au point B8.
- ❖ L'appareil est constitué d'un miroir faisant un angle de 45° avec l'horizontale de deux plaques de verre (ab) et (bc) au milieu desquelles sont tracés deux traits. L'observateur doit se placer de façon que l'image du repère 2 coïncide avec le repère 1. Il suffit alors de faire coïncider le point extrême du houpplier avec ces deux repères et on obtient la projection de ce point sur le sol, indiqué par le fil à plomb fixé à l'appareil.



- ❖ Tout point observé à travers le miroir qui sera dans le prolongement de MR sera donc à la verticale de l'appareil.
- ✓ L'opérateur se déplace le long du rayon OC₁ jusqu'à « tangenter » la cime, et donc repérer le point B₁, qu'il matérialise au sol par un jalon. Procéder de même pour les points B₂ à B₈.
- ✓ Mesurer les 8 rayons OB_i.
- ✓ Calculer la surface projetée de la cime par la formule :

$$S_8 = \pi/8 \sum_{i=1}^8 (Ob_i)^2$$



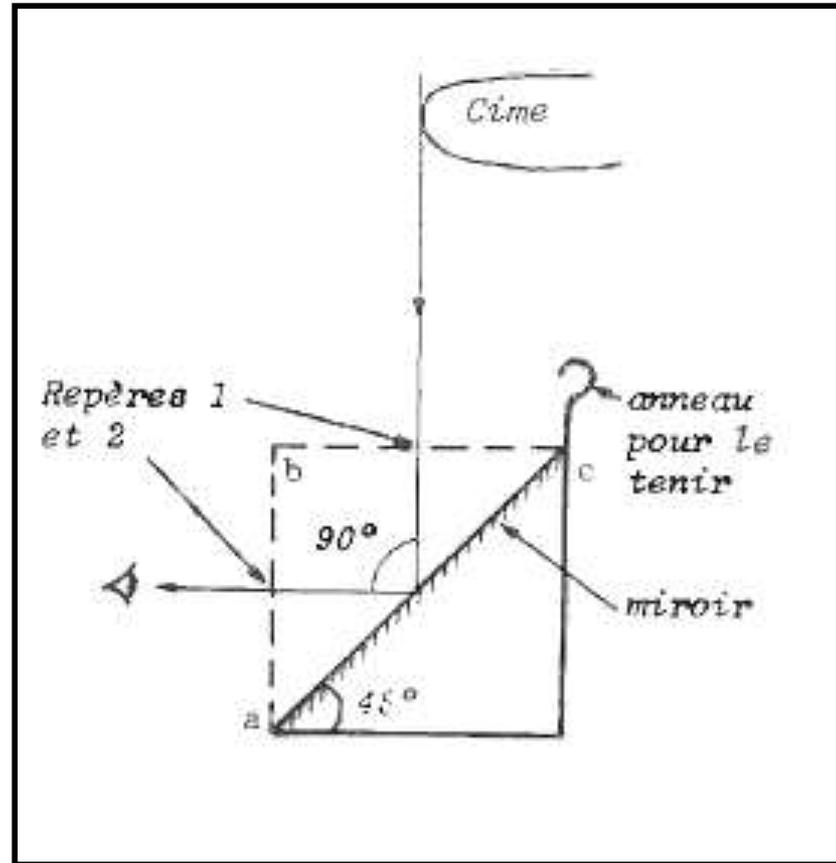
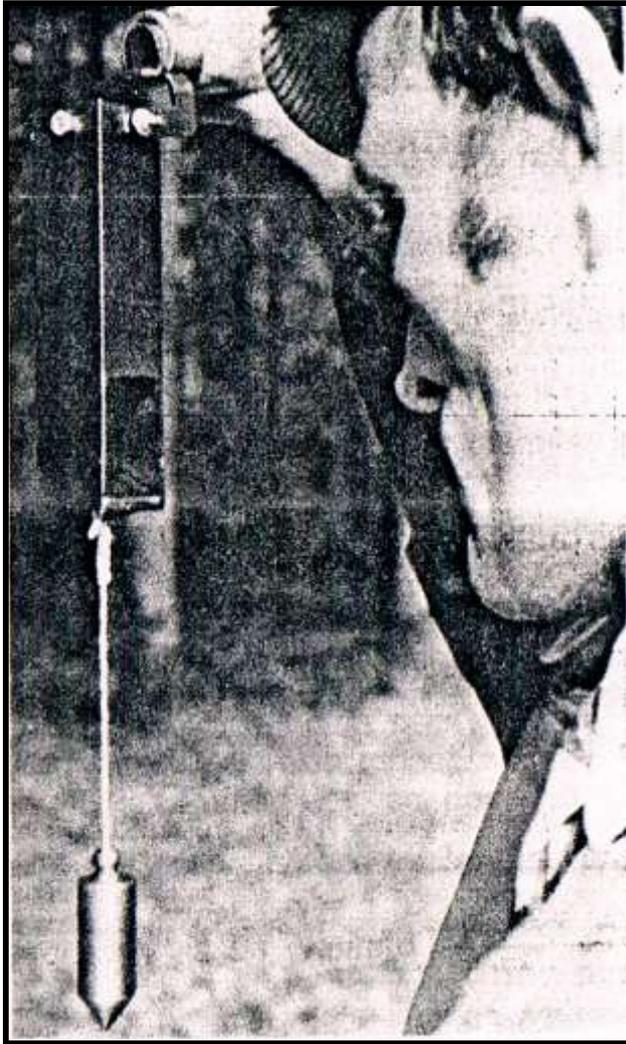
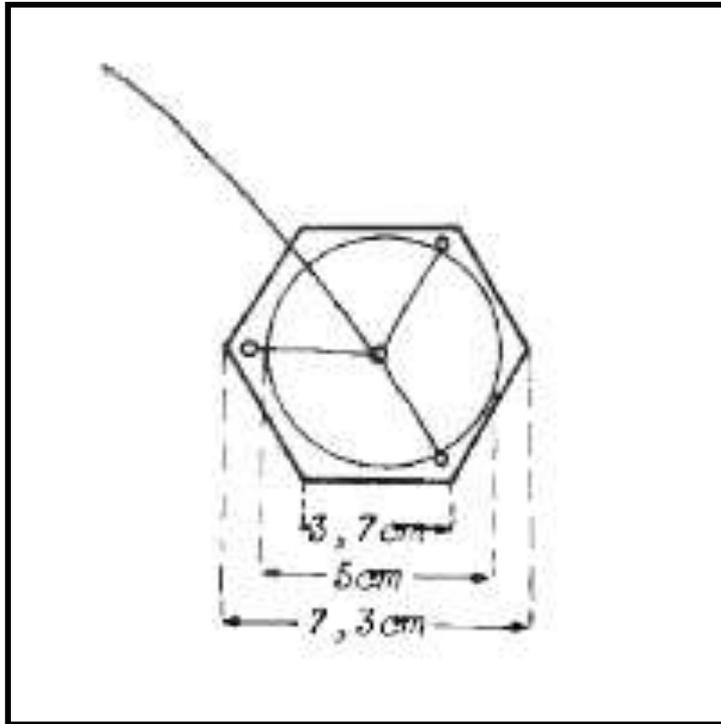
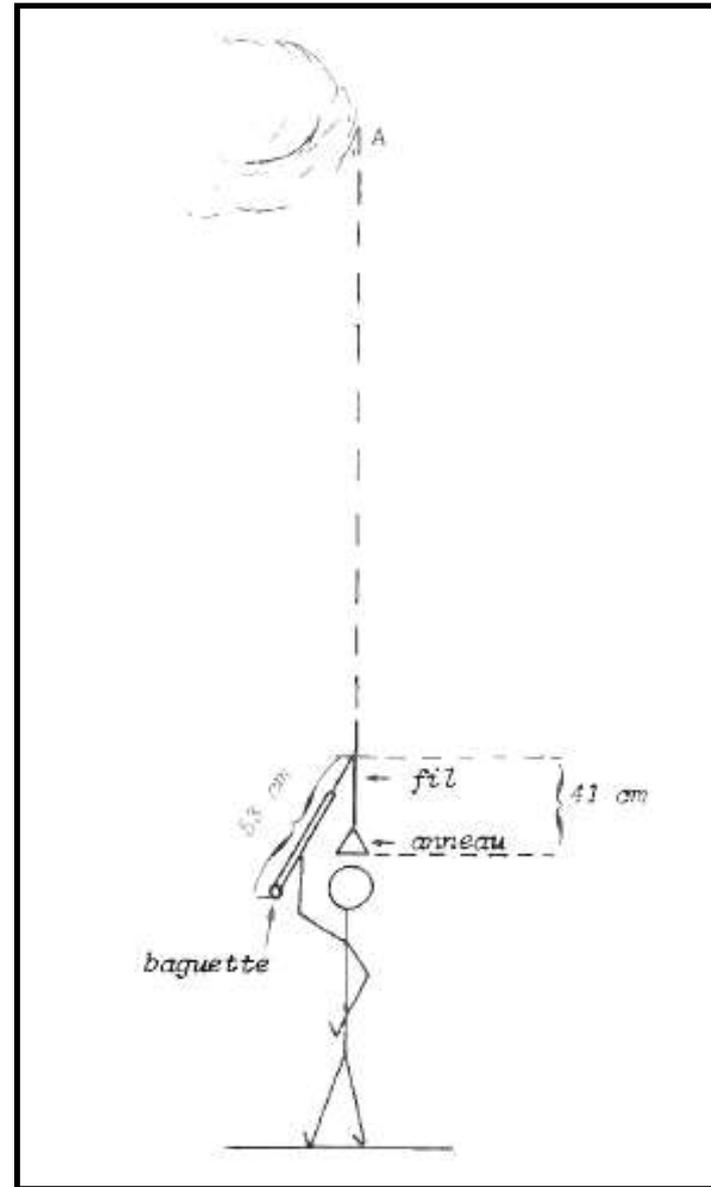


Figure 17 : Appareil à miroir





**Figure 18 : Appareil de PUN CHUN
vu de haut**



Utilisation de l'appareil



CHAPITRE II : LA MESURE DES PEUPLEMENTS FORESTIERS

❖ II.1. Les tarifs de cubage d'arbres

- Un tarif de cubage est un **tableau chiffré**, **une formule** ou **un graphique**, qui donne une **estimation du volume** d'**un arbre** ou d'**un ensemble d'arbres** en fonction de diverses **variables** qui sont les **entrées du tarif**.
- Les **entrées du tarif** sont des caractéristiques de l'arbre (diamètre de référence, hauteur totale,...) ou du peuplement (surface terrière/ha, hauteur moyenne,...) plus facilement mesurables que le volume lui-même. 

- ❖ On distingue **les tarifs individuels** et les **tarifs de peuplements**.
- ✓ **Le tarif individuel** : On appelle tarif individuel un tarif qui fournit le volume d'un arbre en fonction d'entrées relatives à l'arbre.
- ✓ **Le tarif de peuplement** : C'est un tarif qui fournit le volume d'un peuplement directement en fonction d'entrées qui sont relatives au peuplement lui-même.
- ❖ On distingue les **tarifs à une seule entrée** ; les **tarifs à deux entrées** et les **tarifs paramétrés**.



▪ **Les tarifs de cubage à une seule entrée**

- ✓ Un tarif de cubage **à une seule entrée** donne le volume d'un arbre en fonction de son **diamètre à 1.30 m** en général.
- ❖ Dans des peuplements **homogènes** de **faible superficie**, quelques hectares au maximum, de tels tarifs peuvent être **assez précis** ; cependant, dans la plupart des cas, ces tarifs sont **inutilisables** pour cuber avec précision chacun des peuplements d'une forêt.



➤ Les tarifs SCHAEFFER

$$V = M/1400 (D - 5) (D - 10)$$

V étant exprimé en m³.

D étant exprimé en cm.

M étant le volume de l'arbre de 45 cm de diamètre en m³.

Pour les tarifs en circonférences on a :

$$V = M/1400 \pi^2 (C - 5 \pi) (C - 10 \pi)$$

C étant exprimé en cm.



$$V/V' = (D - 5) (D - 10) / (D' - 5) (D' - 10)$$

Donc :

$$V_{50}/V_{20} = 12 ; V_{65}/V_{25} = 11 ; V_{80}/V_{30} = 10.5$$

(Rapports voisins de 10)

$$V_{70}/V_{35} = 5.2 \text{ (Rapport voisin de 5)}$$

$$V_{100}/V_{60} = 3.1 \text{ (Rapport voisins de 3)}$$

$$V_{25}/V_{20} = 2 ; V_{40}/V_{30} = 2.1 ; V_{60}/V_{45} = 1.96 ; V_{90}/V_{65} = 2.06$$

(Rapports voisins de 2)



➤ Les tarifs ALGAN

✓ Un arbre **décuple** son volume quand son diamètre à hauteur d'homme passe : de 20 à 50

de 25 à 65

de 30 à 80

✓ Un arbre **quintuple** son volume quand son diamètre passe : de 35 à 70

✓ Un arbre **triple** son volume quand son diamètre passe :

de 20 à 25

de 30 à 40

de 45 à 60

de 65 à 90



Tarif ALGAN

DHP [m]	Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4	Nº 5	Nº 6	Nº 7	Nº 8	Nº 9	Nº 10	Nº 11	Nº 12	Nº 13	Nº 14	Nº 15	Nº 16	Nº 17	Nº 18	Nº 19	Nº 20
0,20	0,1	0,1	0,1	0,15	0,15	0,15	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,25	0,25	0,25	,03	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
0,25	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7
0,30	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,1
0,35	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6
0,40	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2
0,45	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8
0,50	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2	2,3	2,5	2,6	2,7	2,8	3,0	3,1	3,2	3,3	3,5	3,6
0,55	1,5	1,6	1,8	2,0	2,1	2,3	2,4	2,6	2,8	2,9	3,1	3,3	3,4	3,6	3,8	3,9	4,0	4,2	4,4	4,5
0,60	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6
0,65	2,1	2,4	2,6	2,9	3,1	3,4	3,6	3,8	4,1	4,3	4,5	4,8	5,0	5,3	5,5	5,8	6,0	6,2	6,5	6,7
0,70	2,5	2,6	3,1	3,4	3,7	4,0	4,2	4,5	4,8	5,1	5,3	5,6	5,9	6,2	6,5	6,8	7,1	7,3	7,6	7,9
0,75	2,9	3,2	3,6	3,9	4,3	4,6	4,9	5,2	5,6	5,9	6,2	6,5	6,9	7,2	7,6	7,9	8,2	8,5	8,8	9,2
0,80	3,3	3,7	4,1	4,5	4,9	5,3	5,6	6,0	6,4	6,7	7,1	7,5	7,9	8,3	8,7	9,1	9,4	9,8	10,1	10,5
0,85	3,8	4,2	4,7	5,1	5,6	6,0	6,4	6,8	7,2	7,6	8,1	8,5	9,0	9,4	9,9	10,3	10,7	11,1	11,5	12,6
0,90	4,3	4,8	5,3	5,8	6,3	6,8	7,2	7,7	8,1	8,6	9,1	9,6	10,1	10,6	11,1	11,6	12,1	12,5	13,0	13,5
0,95	4,8	5,4	5,9	6,5	7,0	7,6	8,1	8,6	9,1	9,7	10,2	10,8	11,3	11,9	12,4	13,0	13,5	14,0	14,6	15,1
1,00	5,4	6,0	6,6	7,2	7,8	8,4	9,0	9,6	10,2	10,8	11,4	12,0	12,6	13,2	13,8	14,4	15,0	15,6	16,2	16,8

- ✓ ALGAN a construit **20 différents tarifs** pour les **différentes régions de la France**.
- ✓ Pratiquement, on doit d'abord chercher **les arbres de 45 cm de diamètre à 1.30 m**.
- ✓ On doit choisir ensuite parmi les 20 tarifs celui qui **correspond le plus au peuplement en question**.
- ❖ **Le numéro du tarif est égal à la hauteur totale en mètres de l'essence x de 45 cm de diamètre à 1.30 m diminuée de 8.**
- ❖ **On a la relation entre le numéro du tarif N et le volume de l'arbre de 45 : $10 V_{45} = N + 8$**



▪ **Méthode graphique de HUFFEL**

- ✓ On abat, sur divers points de la région où le tarif doit être appliqué, des arbres de tous diamètres appartenant à l'essence considérée et on détermine avec soin leur volume.
- ✓ On trace sur une feuille de papier deux axes perpendiculaires et on porte en abscisses les diamètres des arbres abattus, en ordonnées les volumes. On obtient ainsi autant de points qu'on a de volumes mesurés.
- ✓ On essaie de tracer une **ligne courbe** qui tienne une position moyenne entre tous les points.



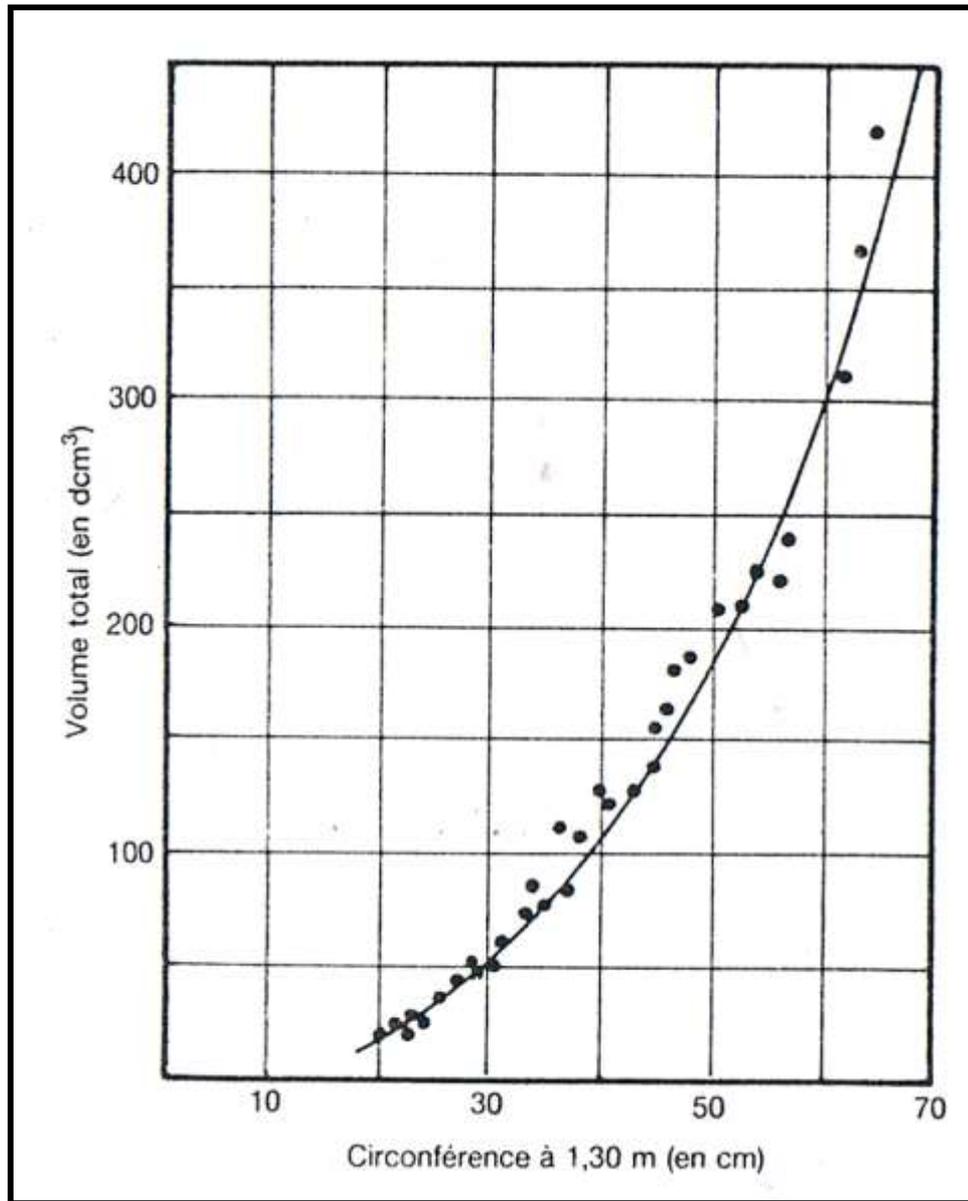


Figure 19 . Tarif de cubage pour perchis de Hêtre

▪ **Méthode de graphiques logarithmiques**

- ❖ L'utilisation de papier logarithmique améliore sensiblement les techniques graphiques.
- ✓ On porte les données (volumes et diamètres) sur papier à échelles logarithmiques aussi bien en abscisses qu'en ordonnées. Le « module » de l'échelle des abscisses (diamètres) étant deux fois plus grand que le module de l'échelle des ordonnées (volumes).
- ✓ L'usage des graduations logarithmiques transforme l'allure de la courbe précédente.



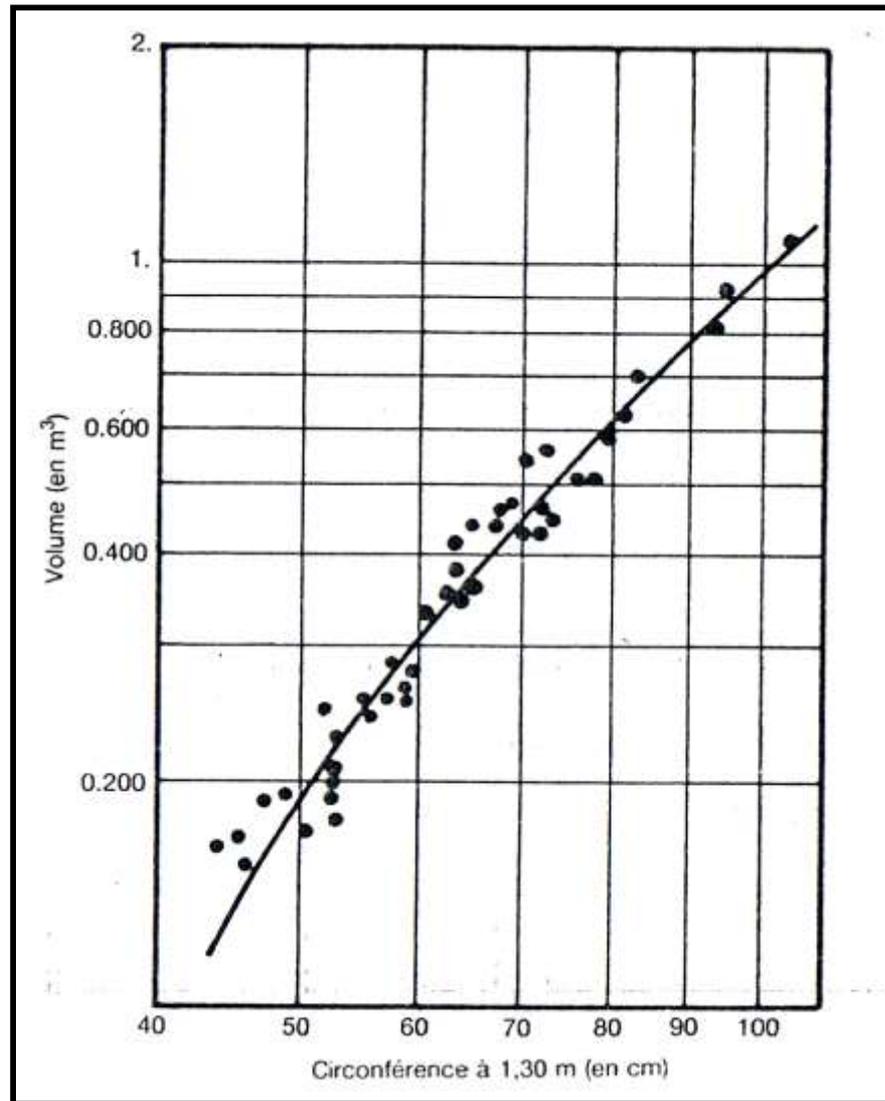


Figure 20 . Tarif de cubage pour Sapin pectiné



- **Les tarifs de cubage à deux entrées**

Un tarif de cubage **à deux entrées** donne le volume d'un arbre en fonction de son **diamètre à 1.30 m** et de **la hauteur** le plus souvent.

Ex. le tableau suivant présente **une partie d'un tarif de cubage à deux entrées** pour le Pin noir d'Autriche. À l'intersection d'une **colonne « diamètre »** et d'une **ligne « hauteur »** se trouve **le volume en dm³**.

Ainsi un Pin noir de 35 cm de diamètre et de 17 m de hauteur aura en moyenne un volume commercial bois fort tige sur écorce de 0.799 m³ .



Tarif de cubage- Pin noir d'Autriche (Tarif incomplet)

Diamètre (cm) \ Hauteur (m)	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
⋮										
15	42	130	241	375	533	714	917	1144	1394	1668
16	44	138	256	399	565	756	971	1210	1474	1761
17	45	145	271	422	598	799	1025	1277	1553	1855
18	47	153	286	445	630	841	1079	1342	1633	1949
⋮										

* Remarque : Les volumes son exprimés en dm³.



▪ **Méthode graphique de PATRONNE**

- ✓ On groupera les données par catégories de longueurs de tiges (6 m ; 8 m ; 10 m ; 12 m ; 14 m ; 16 m ; 18 m ; ...).
Chacune de ces catégories étant ventilée en autant de classes de diamètre (ou circonférence) qu'en comportent le cubage.
- ✓ On travaille sur chaque catégorie de longueur prise isolément. Pour une même longueur de tige, si on porte en abscisses les carrés des diamètres ou circonférences, et en ordonnées les volumes, le nuage de points peut être représenté par une droite.



- ✓ On construit alors graphiquement, séparément, pour chaque longueur de tige, la droite représentant au mieux la variation du volume en fonction du carré du diamètre (ou de la circonférence). L'axe des x pouvant comporter une seconde graduation en diamètre (ou en circonférence).
- ✓ On regroupera sur un même graphique, toujours carrés des diamètres en abscisses, volumes en ordonnées, les différentes « droites primaires » obtenues.



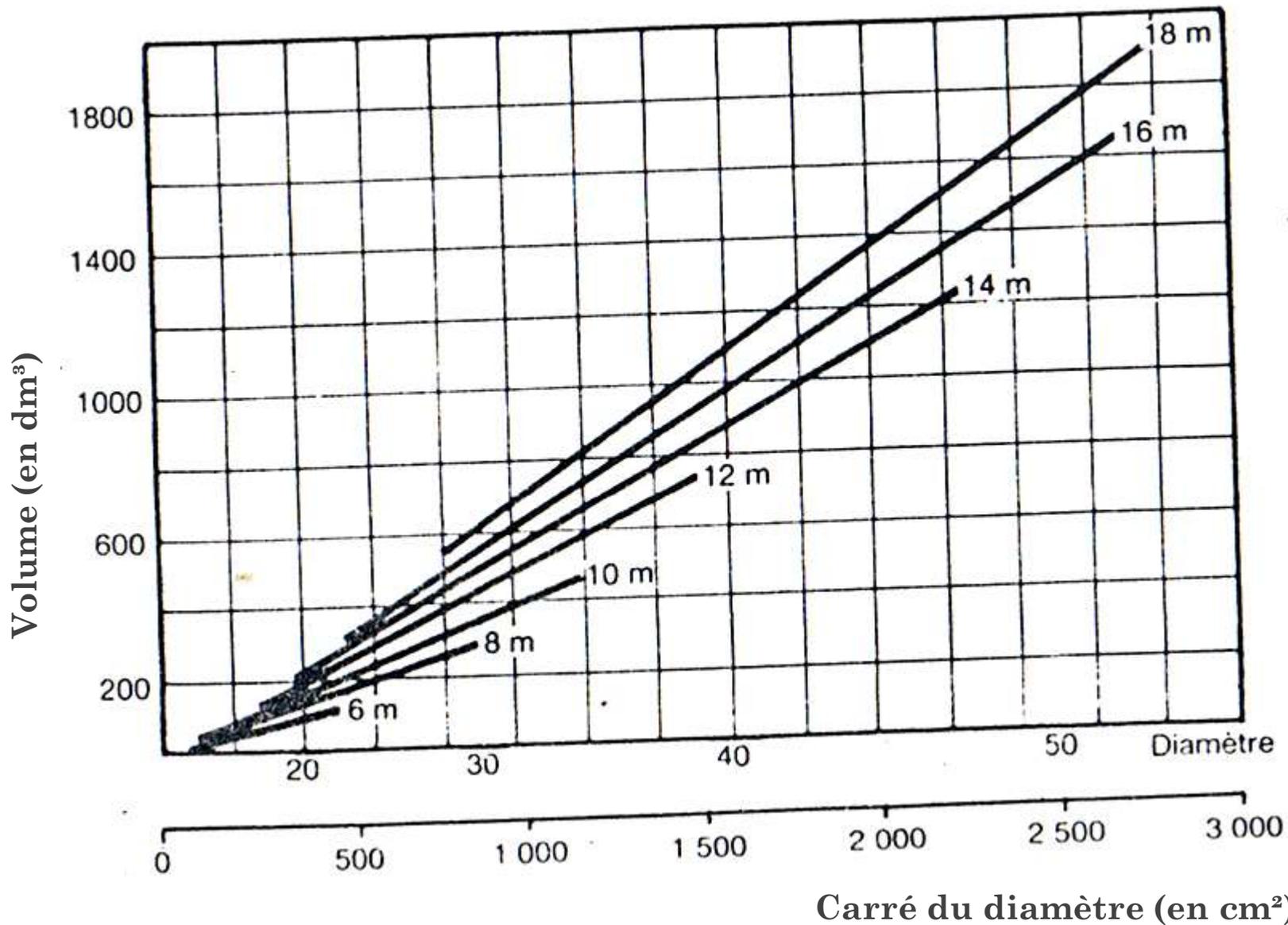


Figure 21 . Tarif de cubage pour Pin pinier

▪ Les tarifs paramétrés

- ❖ Dans la pratique, les tarifs à deux entrées nécessitent pour chaque arbre la mesure du diamètre et de la hauteur, comme les mesures de hauteurs sont **coûteuses**, on s'en affranchit en commençant par mesurer sur **50 à 100 arbres des couples (d, h)**.
- ✓ Du point de vue mathématique, cette méthode consiste simplement à remplacer h par h(d) dans l'équation du tarif de cubage : $v = f(d, h) = f[d, h(d)]$ pour que v devienne une fonction de **la seule variable d**.



TD N° 3 de Dendrométrie

- ❖ Un inventaire a été réalisé dans le massif forestier de Senalba Gharbi Ouest (forêt de Goutaïa) sur 4 placettes d'échantillonnage, de forme circulaire et d'une superficie de 8 ares chacune. Les mesures ont porté sur la circonférence à 1.30 m du sol (C) en cm et la hauteur totale (H) en m. Les résultats relatifs à chaque placette sont portés dans les tableaux suivants :



Placette 1**Placette 2****Placette 3****Placette 4**

Arbre N°	C (cm)	H (m)	Arbre N°	C (cm)	H (m)	Arbre N°	C (cm)	H (m)	Arbre N°	C (cm)	H (m)
1	92	7	1	70	7	1	145	12	1	130	11
2	108	10	2	89	8,5	2	109	11	2	132	11,5
3	173	14	3	130	12	3	110	13,5	3	120	10
4	155	12,5	4	92	9,5	4	132	11	4	117	10,5
5	105	9,5	5	87	8	5	170	13	5	100	9,5
6	150	15	6	74	7,5	6	117	12,5	6	108	12,5
7	102	9,5	7	135	13,5	7	98	9	7	52	7,5
8	141	13,5	8	103	10	8	155	13	8	135	15
			9	150	9	9	110	8,5	9	142	16
			10	70	7	10	131	11			
						11	71	7,5			

1/ Établir la relation $H = f(C)$. Faire un graphique.

2/ Calculez le coefficient de corrélation entre H et C.



- **Choix des entrées et de la sortie d'un tarif**
- ✓ Pour un **tarif à une entrée**, on choisira le **diamètre à 1.30 m**.
- ✓ Pour un **tarif à deux entrées**, on choisira comme **deuxième grandeur** à mesurer soit la **hauteur totale**, soit la **hauteur à une découpe de 7 ou 20 cm de diamètre**, soit un **diamètre supérieur** (à 3 m, 5 m, 8 m ou à $h/5$ par exemple).
- ❖ On utilise des **variables peu nombreuses et faciles à mesurer**, pour que le tarif ait une portée assez générale et soit facile à utiliser.



▪ **Choix et nombre d'arbres à mesurer**

- ✓ Prendre le **même nombre d'arbres** dans chaque **catégorie de diamètre**.
- ✓ Le **nombre total d'arbres** à mesurer dépend de la **grandeur de la zone** sur laquelle on veut utiliser le tarif qui sera construit :
 - Peuplement unique : **30 arbres**.
 - Parcelle de **15 ha** par exemple, prendre **100 arbres**.
 - Forêt de **1000 ha**, prendre **400 arbres**.
 - **Région naturelle**, prendre **800 arbres**.
 - Pour l'**aire de l'espèce**, on prendra **2000 à 3000 arbres**.

