

1. Il y a quelques années, lors de grands travaux routiers, plusieurs poteaux en bois de chêne, provenant d'une fondation ont été trouvés au croisement Königstraße - Planie, à Stuttgart. Vu l'endroit où ces restes furent découverts, il eût été possible qu'il s'agisse de quelques parties de la fondation de la bastille médiévale. Sur l'initiative des archivistes de la municipalité de Stuttgart quelques plaques échantillons de ces poteaux furent examinées dans mon Laboratoire de Dendrochronologie à Trèves pour vérifier cette hypothèse. Je me voue à ces études depuis 1962 en collaboration étroite avec M. le Dr. Cüppers du Musée Rhénan de Trèves et depuis 1968 avec le service de l'Institut de Préhistoire et d'Histoire de l'Université de Cologne dirigé par Monsieur le Prof. Schwabedissen.

Voici la préparation d'une coupe de la zone d'aubier provenant d'un poteau. Vous reconnaissez à gauche les derniers cernes du cœur du tronc, la limite de l'aubier, les 13 cernes de celui-ci et tout à fait à droite, le « côté forestier » avec un petit reste d'écorce. Il ne s'agit pas d'une photographie, mais d'une préparation coupée à la main au moyen d'un rasoir, placée dans du gélatinol.

Le résultat de l'analyse des cernes est noté : le dernier cerne du cœur du tronc, juste à la limite de l'aubier, a poussé en 1795 et l'arbre entier a été abattu à la fin de la période de végétation de l'an 1808, puisque le dernier cerne — appelé « côté forestier » — avait fini de pousser quand la hache des charpentiers a interrompu sa croissance.

Donc, les restes trouvés ne peuvent pas avoir appartenu à la bastille médiévale. Après des études minutieuses aux archives municipales, M. le Directeur de la Bibliothèque de Stuttgart a trouvé la solution de l'énigme : il s'est agi d'une maison d'habitation pour laquelle — d'après le témoignage des documents toujours existants — les fondations ont été creusées et les matériaux acheminés en 1808 !

Comment est-il possible de trouver la date avec une telle précision ?

2. Procédés de passage (schématiquement)

Le schéma que voici (fig. 2) symbolise les manières de mettre en parallèle les zones de croissance synchrones de différents échantillons de bois. En partant d'un échantillon correspondant à une date d'abattage connue — ici celle d'un vieux chêne de la région de la Moselle - 1962 — nous précisons les années d'âge d'autres échantillons de bois, enlevés des constructions historiques, à la date d'abattage inconnue. En passant des bois plus récents aux plus anciens on obtient une chronologie des cernes cohérente et sans lacune. La chronologie des chênes en Allemagne occidentale, fondée à Trèves, embrasse actuellement deux millénaires et demi environ, de la période de La Tène jusqu'à aujourd'hui, et permet de dater des échantillons de bois de toutes les époques de l'histoire de l'architecture, pourvu qu'ils possèdent le nombre nécessaire de cernes.

3. Dans la pratique de la précision des dates, les échantillons de bois ne sont pas juxtaposés; les courbes de leurs cernes sont plutôt superposées les unes aux autres sur une plaque lumineuse, pour que l'on puisse trouver, en les comparant la seule position juste, indiquant leur synchronie. Il faut comparer les courbes, année par année, pour pouvoir dater un échantillon inconnu à l'aide d'un autre, déjà daté. Il va de soi, que la seule comparaison optique ne suffit pas. Nous la complétons et la vérifions par un test de corrélation statistique.

Actuellement, en liaison avec le Centre de calculs à Cologne, nous essayons des procédés pour faire exécuter par des machines à calculer électroniques, au lieu de simples machines mécaniques, les pénibles travaux de précision de dates; en effet, dans chaque cas il faut exécuter des milliers d'opérations de calcul.

Voici les courbes de cernes du chêne, provenant de différentes régions de l'Allemagne. Remarquez les « années indicatrices » 1909 (profond = mince), 1910 (haut = cerne large) et 1921 (sécheresse d'été) (fig. 1).

4. Le domaine de recherches de la chronologie des chênes en Allemagne occidentale comprend à peu près les régions de la Rhénanie centrale et les contrées avoisinantes. Pour les chênes des plaines de l'Allemagne du Nord, qui, plus souvent touchés par les eaux souterraines, réagissent parfois autrement que ne le font les chênes des montagnes d'altitude moyenne, des chronologies locales sont établies par l'Institut d'Etat pour l'Economie du Bois à Reinbek près de Hambourg (fig. 3).

5. (Münstereifel, Poutres du toit de la Basilique, 1108). Sous quelle forme présenter des échantillons de bois, afin de les dater avec précision? Considérons d'abord les bois de construction et d'ouvrage, secs et non endommagés. De préférence, nous présentons des plaques sciées, parce que la section transversale complète offre une certitude suffisante en vue de mesures microscopiques. Voici une plaque de poutre de la Basilique de Münstereifel. Toute la toiture est encore du style roman authentique. Les poutres aux cœurs très sains ont duré plus de 8 siècles sans subir aucun dommage. Les derniers cernes d'aubier et le « côté forestier » manquent malheureusement. Ils ont été enlevés à la hache. Donc, date approxi-

mative :  $1108 \pm 6$ ; il faut, en effet, additionner  $20 \pm 6$  années (moyenne statistique établie d'après un certain nombre de chênes comparables) à la date de la croissance achevée du dernier cerne d'aubier. En sélectionnant des échantillons de bois pour les dater par les méthodes dendrochronologiques il faut surtout faire attention aux restes d'aubier conservés et au dernier cerne.

6. Voici les courbes de cernes de dix billes de Münstereifel posées en synchronie avec des billes provenant de la célèbre Maison Grise de Winkel sur le Rhin, probablement la maison d'habitation la plus ancienne d'Allemagne.

7. A ces poutres manquaient également les derniers cernes, comme l'indique cette coupe transversale d'un verrou de soupirail, côté est, enfoncé dans la muraille. Il a donc fallu dater : vers ou après 1075 parce qu'il n'a même pas été possible de discerner avec certitude des restes d'aubier.

8. Il est cependant possible de préciser l'année, quand le dernier cerne est préservé, même s'il n'en existe qu'un tout petit morceau, comme ici à cet échantillon d'une poutre de la base des stalles de la Cathédrale de Cologne : tronc abattu au printemps 1311 ! Le dernier cerne de 1311 a juste commencé à pousser par quelques spores printanières quand la coup de hache des charpentiers a interrompu la croissance. (Macro-photographie, prise d'en-haut, au-dessus : un minuscule morceau d'écorce.) (fig. 4)

9. Parfois il faut examiner le dernier cerne très attentivement, comme ici dans cette poutre d'une grange de Langenscheid dans la Hesse, reconstruite maintenant au Musée Rhénan de plein air à Kommern. Coupe microscopique de la zone d'aubier.

10. La même préparation agrandie davantage. On constate que le dernier cerne se trouve immédiatement à côté de la moelle du bois.

11. Même préparation très agrandie : une seule spore printanière comme preuve irréfutable de la coupe au début du printemps 1586 !

12. Dans la nef centrale de la Cathédrale de Spire Monsieur le prof. Kubach a trouvé deux perches maîtresses en bois de sapin d'une longueur de plus de 18 m !

13. Voici une section transversale comme preuve qu'il s'agit effectivement de bois de sapin et non de bois de pin. Coupe au printemps 1045 !

14. Il est particulièrement difficile pour le bois de sapin de préciser l'année de l'abattage, — ici printemps 1045 —, quand on ne peut trouver que quelques rangées de cellules dans l'écorce :

15. Une volige de la partie ouest de la Cathédrale de Trèves (Micro-photographie).

16. Les courbes de cernes du sapin sont pareilles les unes aux autres, même si les troncs proviennent d'endroits différents et très éloignés (Constance - Spire - Trèves). Les chercheurs étudiant l'histoire de la forêt ont été très surpris d'apprendre que de nombreux bois de sapins provenant de Trèves, Mayence et d'autres endroits au nord de la région de sapins proprement dite, ont été abattus sans aucun doute la même année que les bois de chênes, abattus au même moment — donc ayant poussé très vraisemblablement dans les forêts de la même contrée !

17. Quand il existe de nombreux échantillons de bois pourvus de derniers cernes comme ici, à la partie ouest de la Cathédrale de Trèves,

18. on peut prendre connaissance des progrès de la construction par périodes et par couches comme dans un journal d'édification. De cette manière il vient d'être prouvé que l'archevêque Poppo dans les années 1042 à 1047, l'année de son décès, a seulement commencé la construction de la tour nord-ouest. Son successeur, en parlant de cette tour dans les notes concernant l'édification, emploie toujours le singulier « turrim ». Il l'a achevée (perfecit) de 1054 à 1056, tandis que la tour sud-ouest n'a été érigée qu'en 1074/75. De ce fait un vieux problème très discuté de l'histoire de l'art a été définitivement résolu (fig. 5-6).

19. Des précisions chronologiques si complètes ne s'appuient pas seulement sur l'observation de nombreux derniers cernes, mais aussi sur la qualité physique des surfaces des bois et des coupes. Voici une coupe transversale d'une poutre de l'église de Filsch, près de Trèves, tronc abattu en 1779, construction en 1780 (prouvée par l'inscription). La coupe transversale de la poutre, primitivement en angle droit, s'est rétrécie en séchant jusqu'à former un angle aigu. Cette déformation rhomboïdale d'à peu près 5°, prouve que la poutre a été charpentée et employée à la construction immédiatement après avoir été abattue, donc encore gonflée de ses sucs frais.

20. Une tablette de poutre de l'époque de la construction des voûtes de la Cathédrale de Trèves (1220). Voici la surface originale avec les traces laissées par le coup de la hache de charpentier, minces et précises, comme tirées au couteau. Des surfaces coupées à la hache d'un tel poli microscopique, transversales au sens de la structure des fibres, ne sont possibles qu'à l'intérieur d'un bois vert, donc immédiatement après l'abattage, mais impossibles dans du bois sec, ayant séjourné au chantier.

21. La hache de charpentier, le ciseau et l'herminette étaient pendant des millénaires les outils les plus importants pour le travail du bois. Des menuisiers égyptiens réussissaient même les plus élégants ouvrages de marqueterie et de sculpture en se servant de l'herminette. Voici un charpentier médiéval avec sa hache, d'après une sculpture dans les stalles de la Cathédrale de Berne (1523).

22. Une hache de charpentier romain du premier siècle après J.-C. utilisée lors de la construction du pont sur la Broye dans le Rondet près de La Tène.

23. Des têtes de poteaux et des bases de poutres montrant des traces de coups de hache semblables étaient toujours travaillées à l'état de bois vert.

24. Les surfaces longitudinales montrent également des traces de travaux; elles sont d'une valeur inestimable pour la chronologie, à condition de les reconnaître et de les interpréter correctement. Voici des empreintes faites par des coups de lourds marteaux par lesquels un entrait de la Cathédrale de Trèves a été enfoncé dans la mouleure.

Ces empreintes indiquent que le bois pendant son utilisation pour la construction était encore souple et plastique, donc coupé à l'état de bois vert, puisque les marques de cassure laissées par les coups de marteau ne montrent pas de traces d'éclats.

Ces observations et beaucoup d'autres permettent de conclure qu'autrefois le bois de construction — à l'opposé des bois actuels — a été en principe travaillé et utilisé à l'état de bois vert, parce que la hache du charpentier et l'herminette coupent le plus facilement le bois qui vient d'être abattu. L'année de la coupe = l'année de la construction !

25. Quand il est impossible d'enlever des plaques coupées à la scie il faut se contenter d'échantillons de perçage. On les retire des endroits les plus accessibles des poutres à l'aide de perceuses spéciales de différentes constructions. Il en reste un trou de perçage, plus ou moins menu, selon le genre de perçoir.

26. Voici prise de près une photographie d'un tel échantillon enlevé par percement. Il a été égalisé au rasoir et frotté à la poudre de craie pour rendre davantage visible les cernes. Malheureusement le bois d'aubier, très délicat, se perd le plus souvent par le perçage. Dans ce cas on ne peut évaluer l'année d'abattage qu'avec un écart correspondant à peu près au carré de  $\pm 6$  ans.

27. Des bois de construction secs et endommagés exigent le plus souvent une préparation soigneuse. Dans la Porta Nigra à Trèves on a trouvé 4 voliges en chêne avec des cernes de l'époque de 813 à 1038 après J.-C. Elles ont été utilisées 3 ans après la mort de St. Siméon, au moment de l'aménagement de sa crypte et présentent actuellement un chaînon important de notre chronologie. Ces morceaux de planches, déjà très pourris, sont d'après la dendrochronologie, les bois les plus anciens dont l'année d'utilisation a été déterminée à l'aide de documents. Il a fallu regarder au microscope plus de 50 coupes de l'échantillon rempli de paraffine pour pouvoir identifier de manière irréfutable les derniers cernes du « côté forestier ».

29. Une fenêtre en planches du style roman primitif de l'église d'Arnoldsweiler dans l'évêché d'Aix-la-Chapelle, provenant d'un arbre abattu en 981 a déjà été tellement décomposée, que seul le bord inférieur conservé dans le mortier calcaire (30) a permis de reconnaître des cernes. Des essais avec des substances de remplissage sont restés vains. Nous avons



obtenu la meilleure méthode de préparation en frottant patiemment avec du papier de verre très fin pour détacher les cernes. C'est seulement après l'analyse des cernes que cet important échantillon a été solidifié à l'aide de résine liquide — méthacrylate par les services de la maison Degussa-Wolfgang.

31. Sous la coupole octogonale de la Chapelle Palatine à Aix a été muré pendant la construction une traverse de chéneau en bois de chêne, dont on a découvert des restes minimes en 1968 après les avoir assez longtemps cherchés.

32. En voici une photo prise de près. Il a été possible de reconstruire les cernes malgré les graves endommagements, par un travail minutieux et très pénible. Préparation exclusivement faite au rasoir. Pour la solidification des différentes coupes je me suis servi de fixatif pour pastels pulvérisé à plusieurs reprises (fig. 7).

33. A Trèves nous avons également daté, pour la première fois d'après la chronologie des cernes, une assez grande quantité de charbon de bois. Ainsi plus de 100 échantillons provenant des salines de Nauheim-Bains; années d'abattage : 766 à 792. Préparation par la scie à chantourner et du papier à l'émeri très fin, sans aucune substance solidifiante, pour économiser le temps et les dépenses.

34. Le prétendu aspect ancien n'est pas un critère sûr d'un très grand âge ni pour les bois secs, ni pour les bois humides retirés des constructions hydrauliques ou de fondements. Même le noircissement de la moelle du bois de chêne n'en est pas un. Voici un poteau de fondement du château fort de Uda près d'Oedt en Rhénanie de 1311, aussi noir que le bois de chêne de l'époque romaine, ou même ceux de l'âge de la pierre. Caractéristique important pour la chronologie de l'époque de son utilisation : absence de fentes dues à la sécheresse. Les poteaux de fondement sans fentes ont été utilisés aussitôt après avoir été abattus. Donc, l'année de l'abattage = l'année de la construction.

35. Pour pouvoir prouver cette absence de fentes il importe d'examiner les bois humides dans leur état d'humidité et de ne pas les laisser sécher trop tôt. Voici un poteau de fondement du Pont Romain de Trèves de 44 après J.-C. - un chêne de forêt vierge, âgé de plus de 400 ans, malheureusement sans aubier pour avoir souffert de travaux de drague.

36. Pour préserver l'aubier il faut procéder au sauvetage, avec beaucoup de précaution : entourer le bois de substances très douces, par exemple des crêpes de lastex ou mieux encore : le déterrer et transporter après l'avoir complètement enveloppé de pansements de plâtre, comme on a procédé, en effet, en traitant les poteaux que voici, provenant de « Am Brand » de Mayence. (Remarquez les traces des coups de hache.)

37. Par ce procédé la zone d'aubier extrêmement sensible de ce chêne de forêt vierge aux cernes très fins n'a pas été endommagée et

l'année d'abattage et de l'utilisation 1716 après J.-C. est assurée comme témoignage important de la fondation.

38. Des bois humides ayant subi des dommages dans leurs membranes cellulaires par une lixiviation de plusieurs siècles sont frappés lors d'un séchage normal d'un collapsus de cellules et de diminutions irréversibles comme par exemple cette plaque d'une palplanche en sapin du Pont Romain à Trèves que vous voyez ici à l'état humide

39. et ici à l'état sec. On peut toujours mesurer les cernes, mais ils sont très déformés aux zones rétrécies du bord et l'on ne peut plus distinguer de manière précise le dernier cerne. La durabilité du bois de sapin est d'ailleurs extraordinaire, aussi bien sous l'eau que dans une muraille humide. Pour illustrer cette affirmation, voici un poteau en sapin provenant de la grande salle du palais de Constantin le Grand à Trèves, de 396 après J.-C., tout à fait sain, solide et de même poids que du bois récent.

41. Les coups de hache que je viens de mentionner nous fournissent des indications importantes quant à la technique du travail et à la chronologie même pour les bois humides; voici un poteau des fondations de la Cathédrale de Trèves du IV<sup>e</sup> siècle

42. montrant encore des restes d'aubier à un des bords coupé à la hache. La plupart de ces poteaux ont pourri au cours du Moyen Age par suite de la descente du niveau des eaux souterraines; ils ont cependant laissé dans les dernières couches du mortier les empreintes de leurs tablettes coupées à la hache

43. qui viennent d'être découvertes, photographiées et même analysées selon la chronologie des cernes. A quelques unes de ces photos j'ai même pu déterminer l'ancien dernier cerne avec une probabilité très proche de la certitude.

44. Par le moulage de ces empreintes de mortier au moyen de béton granulé très fin on reconnaît sous le microscope toutes les particularités de la structure du bois disparue depuis longtemps, aussi bien les rayons de la moelle, les vaisseaux et les largeurs des cernes déterminant les dates.

Il s'agit cependant ici d'un cas exceptionnel. Normalement il nous faut sous le microscope un échantillon du bois original pour pouvoir faire une analyse de la chronologie des cernes.

Certes, les dendrochronologues sont souvent priés d'examiner des objets d'art qu'il ne faut pas endommager. En Italie on a mesuré et comparé les largeurs des cernes des violons d'Amati. Monsieur le Dr Birett, bibliothécaire allemand, a essayé de dater dendrochronologiquement des couvertures de livre médiévales en analysant leurs bords. Monsieur le Dr Bauch (Hambourg) a interprété chronologiquement les

largeurs des cernes de peintures sur bois néerlandaises. J'ai analysé moi-même avec succès, quant à la chronologie des cernes, des empreintes dans le mortier, dans la pâte à modeler, dans certaines substances synthétiques, des photographies de surfaces d'armoires, des bases de sculptures en bois (ainsi le groupe célèbre de « Luxuria » dans les Musées Nationaux de Berlin). Quand les cernes existent en nombre suffisant (ce qui malheureusement n'arrive qu'assez rarement) leur largeur sur les surfaces peut être examinée et datée exceptionnellement sans le prélèvement d'aucun échantillon. De cette manière ont été observés au microscope et datés avec certitude, sans l'aide d'échantillons, les célèbres arbres-cercueils de Oberflacht dans les musées de Mayence, de Stuttgart, de Nuremberg, etc. Pour préparer les mesures il a seulement fallu dégager les deux faces frontales coupées à la hache et en ôter la croûte.

#### *Résumé*

Pour préciser la date avec certitude lors d'un examen dendrochronologique on doit disposer du plus grand nombre possible de cernes correspondant à des trouvailles d'un genre semblable. Le plus grand nombre possible d'échantillons doivent contenir de l'aubier et le dernier cerne.

Des plaques sciées sont les meilleurs échantillons. Les observations des traces des outils, des fentes sèches, les écarts des angles aux sections transversales et des surfaces de bois travaillées à la hache font reconnaître, si les bois ont été traités et murés immédiatement après l'abattage à l'état de bois vert (ce qui a été la règle) ou bien seulement après séchage et un assez long séjour au chantier. Quand on prévoit un examen dendrochronologique nous recommandons de faire venir le dendrochronologue à l'endroit même où la trouvaille a été faite pour qu'il puisse donner son avis et sélectionner ses échantillons.

Il faut examiner le charbon de bois aux surfaces de cassures transversales ou bien aux surfaces polies. Des bois humides doivent être conservés à l'état humide jusqu'au moment de l'analyse. Quand le prélèvement de plaques sciées n'est pas possible, on peut examiner des morceaux enlevés au perçage, mais alors l'exactitude de la chronologie n'est plus garantie. De plus, nous venons de faire des expériences dans le domaine de la microscopie des cernes visibles sur des surfaces, sans prélèvement d'échantillons, ainsi que sur les empreintes sur du mortier et sur des substances synthétiques.

## SUMMARY

### E. HOLLSTEIN

In order to be able to determine an accurate chronology, the largest possible number of year-rings in a given sample should be detected by a dendro-chronological test. The largest possible number of samples should contain sap-wood and bark.

Samples of sawn-up sections are the best material for testing. Marks left by tools, dried-out crevices, angle deviations due to transversal sawing and on rough-hewn surfaces are reliable tokens for determining whether the wood pieces have been shaped when green and utilized straight after clearing (as was the rule), or after a stocking or drying period. If a dendro-chronological examination is planned, it is recommended that the dendro-chronologist be taken to the place of the find in order to make a sample valuation and selection.

For testing charcoal, transversal cracks or worn-out surfaces should be taken into account.

Moist wood should be kept humid until its valuation.

If no sawn-up sections can be removed, drilled samples may be tested. The accurate age to one year is then investigated. Moreover, we now have at our disposal the first results of the microscopic analysis of year-rings in sections visible without any cutting-off of sample, and also of cement or plastic prints.