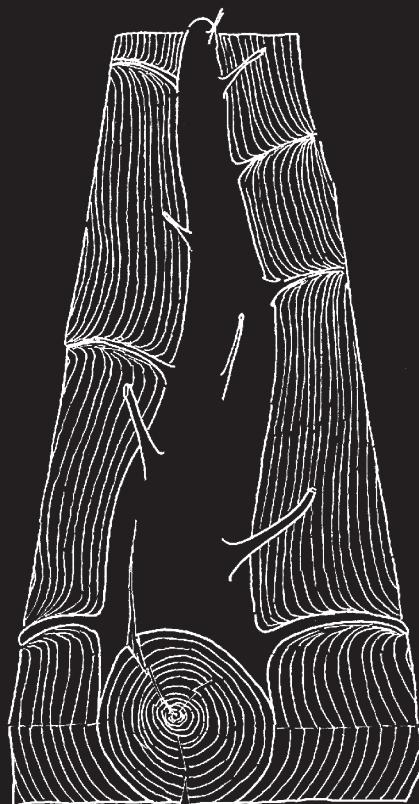


STEREOTOMIE DES BOIS RONDS



EPFL

Janvier 2025

STEREOTOMIE
DES BOIS RONDS

ENONCE
THEORIQUE ET PRATIQUE
DE MASTER

Arthur Breen

Responsable de l'Enoncé : Yves Weinand
Directeur Pédagogique : Corentin Fivet
Mentor EPFL : Agathe Mignon

—

La forêt, le bois, l'humain et l'outil



Stéréotomie



Bois rond et trait



Outils et processus

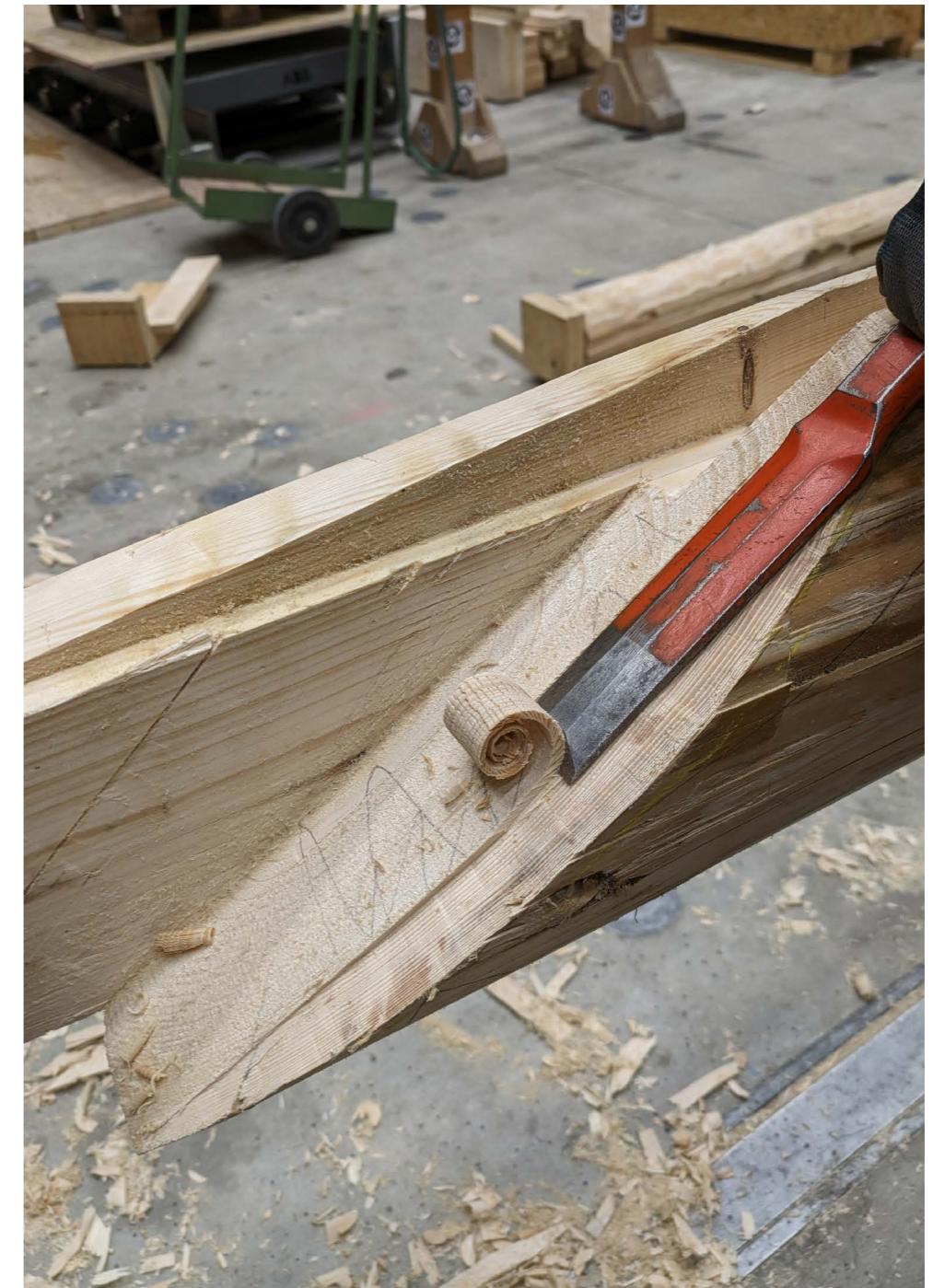


Construire en bois rond



Les ressources, le travail et l'énergie

L'arbre, le bois, l'humain et l'outil



Taille d'assemblages en bois rond, IBOIS
avec Florian Faucheur

L'arbre et le bois

Pendant longtemps et jusqu'à la fin du Moyen Âge, l'action de scier a été perçue négativement. Selon la légende, au VIII^e siècle av. J.-C., le prophète Isaïe fut scié avec l'arbre au creux duquel il s'était réfugié. La scie était utilisée comme moyen de torture, et les bûcherons et charpentiers lui préféraient la hache pour travailler le bois¹.

Cette dernière fend et tranche le bois, qui réagit à chaque coup selon ses particularités propres. C'est un outil de sculpteur où l'humain entre en connexion et en dialogue avec la matière à chaque coup².

À l'inverse, la scie agit indépendamment de la matière en la déchiquetant et en l'usant petit à petit. Au Moyen Âge, c'est un instrument qui passe pour diabolique. Un outil félon et lâche qui ruse avec la matière plutôt que de s'y adapter. Elle massacre les fibres du bois et les ouvre, augmentant ainsi le risque de pourrissement. L'arbre est torturé de la même façon qu'Isaïe l'a été. Pour précipiter la mort d'un arbre sans le couper, une pratique forestière cruelle consistait à l'ouvrir sur sa longueur et à le laisser agoniser jusqu'à ce qu'il s'éteigne³.

Vers la fin du Moyen Âge, les bûcherons commencent à accepter la scie, qui s'impose comme la plus efficace des solutions pour débiter un arbre après l'avoir abattu à la hache. Les charpentiers finiront aussi par l'adopter pour tailler leurs assemblages⁴.

Aujourd'hui, lorsque l'on achète du bois en scierie, combien de fois la matière a-t-elle été sciée⁵.

D'abord, l'arbre a été tronçonné pour son abattage.	1
Puis, débité grossièrement pour le transport en scierie.	+1
Là, il sera sélectionné et redébité des deux côtés.	+2
Ensuite, il sera scié de long sur ses quatre faces.	+4
Enfin, il sera rescié à la côte exacte de longueur.	+2

=10

Avant même que l'on ne commence à le façonne, le bois sorti de scierie a déjà subi dix tortures d'Isaïe. Aussi, d'un point de vue purement rationnel :

- Les petits diamètres sont dévalorisés prématûrement en bois énergie⁶.
- Les fibres ne sont plus continues, on perd 50 % de résistance mécanique⁷.
- Les fibres sont ouvertes, le bois perd en résistance au pourrissement⁸.
- Les coupes répétées induisent 50 à 60 % de perte de matière⁹.
- Une grande quantité d'énergie est dépensée au sciage.
- Le prix au m³ du bois se multiplie entre l'entrée et la sortie de scierie¹⁰.
- La tension et l'équilibre du bois sont relâchés, et il se déformerai au séchage.
- Le bois ayant travaillé, il faudra encore le re-scier ou le corroyer au façonnage.

La scie est le pire ennemi du bois. De la forêt à l'ouvrage, nous pouvons minimiser au maximum le nombre d'opérations en partant directement du bois rond dans le processus de construction, en évitant le passage en scierie et en valorisant les petits diamètres.

Le bois et l'humain

Avec les produits dérivés du bois sur-transformés, l'industrie réussit à affranchir le bois de son caractère naturel et vivant pour le transformer en volumes parfaits de matière ligneuse inerte et quantifiable. Cette volonté de l'ingénieur de standardiser et d'avoir le contrôle absolu sur le bois est la résultante de la mutation du secteur de la construction au XIXe siècle : l'ère du fer.

«*Bâtir est une performance que la modernité a inexorablement scindée entre conception et exécution.*»¹¹

Le XIXe siècle marque l'avènement du fer dans la construction. C'est un matériau artificiel dont la qualité peut être contrôlée industriellement, il est homogène, isotrope, divisible et soudable à volonté, son comportement est modélisable par le calcul. À cette époque, il devient le matériau de prédilection de l'ingénieur¹². L'ingénieur conçoit et l'ouvrier exécute.

Le fer remplace alors petit à petit le bois dans la construction, puis, au début du XXe, comme un coup de grâce, un autre concurrent émerge : le béton armé. Dans l'*Encyclopédie des Métiers* sur la charpente, les hommes du métier se souviennent de cette période comme de la pire crise du secteur du bois. Nombre d'entre eux considèrent alors que «*cette fois-ci, c'est bien la fin*» et des charpentiers quittent le métier pour aller faire les coffrages du béton.

À l'inverse du métal et du béton, le bois, en tant que produit naturel, vivant, anisotrope, est soumis aux aléas de la croissance, de la coupe, de ses conditions de transport, de séchage et de stockage. L'ingénieur seul ne peut pas l'appréhender là où le savoir-faire du charpentier consiste à tirer parti de ces aléas et à apprécier sensiblement la matière. Il en respecte l'apparence initiale et les qualités propres, tant par la nature même de ses réalisations que par les techniques qu'il emploie et les gestes qu'il accomplit. Si ces compétences sont déjà cruciales pour construire en bois scié, elles deviennent indispensables dès lors que l'on travaille avec du bois rond.

Dans *Les Charpentiers Face à l'Industrialisation*, Elina Catoire décrit comment l'industrialisation de la construction bois a eu pour objectif l'élimination des facteurs vivants et humains. La matière est standardisée. Les pratiques

intuitives des hommes de métiers sont dévalorisées. Leurs savoir-faire sont théorisés et acaparés par une élite qui dirige la construction¹³.

La séparation moderne entre l'architecte qui conçoit, l'ingénieur qui calcule et l'ouvrier qui exécute passivement n'a pas de sens pour le bois et ne se fait qu'au détriment du charpentier, du bois et de l'ouvrage.

Avant cette séparation, architectes, charpentiers, tailleurs de pierre, maçons et appareilleurs se retrouvaient au sein d'une discipline qu'ils partageaient : la stéréotomie.

Étymologiquement, de « stéréo », les solides ou volumes, et de « tomie », la coupe. La stéréotomie est l'art de la coupe des volumes. C'est une science élaborée et transmise sur les chantiers en vue de la découpe et de l'assemblage des pierres et du bois. C'est une méthode de visualisation des éléments dans l'espace qui précède la géométrie descriptive, et c'est également une technique de construction qui intègre la statique, la mécanique ainsi que des principes artistiques et architecturaux¹⁴. Elle se divise en deux : la stéréotomie de la pierre et l'art du trait de charpente. Aujourd'hui encore, elle est enseignée aussi bien dans tous les centres d'apprentissage de charpente ou de taille de pierre, qu'en architecture à l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne. Vestiges d'une lointaine scission qui débuta au XVe siècle et à laquelle nous reviendrons dans une partie consacrée.

La stéréotomie est la discipline interdisciplinaire par excellence, à l'intersection de l'abstraction théorique et de la pratique intuitive. La stéréotomie exige une interaction profonde entre la pensée rationnelle, l'esprit, et l'exécution concrète, la main. Pour Simone Weil, le travail harmonieux de la main et de l'esprit est un moyen de comprendre les lois du monde. Elle défend dans *La Condition Ouvrière* que la main n'est pas simplement un outil d'exécution, elle est une partie intégrante du processus de pensée. L'intuition est la source de toutes les connaissances qui ont fait la stéréotomie.

Pour réunir la conception et la réalisation et appréhender une matière irrégulière telle que le bois rond, il nous faudra appliquer la pensée et les techniques de stéréotomie au bois rond.

L'humain et l'outil

Lorsque l'ingénieur ou l'architecte ne le dépossède pas de son travail et de son savoir-faire, le charpentier est le point de pivot d'une histoire potentiellement pluricentenaire d'existence de la matière. Il est la porte de passage du bois, du milieu naturel de la forêt vers le monde humain. Il a la responsabilité et le devoir de transformer des êtres vivants souvent plus anciens que lui, transmis par les générations précédentes de forestiers et de bûcherons. À son tour, il transmettra l'arbre façonné aux prochaines générations humaines sous la forme d'un ouvrage.

Le point de contact entre l'humain et l'arbre est l'outil, à travers lequel la connexion se fait avec la matière. Les outils ont une place tellement importante pour l'ouvrier que les tailleurs de pierre leur consacrent un tome entier dans les volumes de leur *Encyclopédie des Métiers*. En voici les premiers paragraphes :

«*Outil : Objet fabriqué, utilisé manuellement ou sur une machine pour réaliser une opération déterminée.*

La définition est juste, mais un peu sèche pour un ouvrier.

Pour un maçon ou un tailleur de pierre, l'outil est beaucoup plus qu'un objet : c'est un corps qui possède parfois une âme. Il vous accompagne pendant les longues heures de la journée de labeur, et l'ouvrier qui vit avec ses outils pense parfois, le soir, à l'outil à nouveau qu'il lui faudra forger pour tailler telle naissance de moulure complexe, ou bien à ce petit chemin de fer à long manche qu'il devra fabriquer pour travailler la naissance d'une gorge dans la profondeur peu accessible d'une base de pinacle.

L'ouvrier entretient un rapport étroit et privilégié avec ses outils. Prenons par exemple le marteau taillant du tailleur de pierre. Son manche de bois va se façonner, se polir peu à peu au contact du bois ; à la jonction des doigts et de la paume apparaîtront des callosités, à force de serrer ce manche d'outil. Les muscles s'assoupissent et s'adaptent aux outils après une période d'apprentissage.»¹⁵

Le tailleur de pierre façonne ses outils selon ses besoins, et ses outils sont une extension de lui-même. Nos outils usuels ne sont pas adaptés à l'irrégularité du bois rond. Les règles et équerres ont besoin d'une arête de référence, et les scies circulaires ainsi que les mortaiseuses, d'une face plane. Adapter la stérotomie au bois rond nécessitera la construction de nouveaux outils pour permettre le passage du dessin à la matière ainsi que la taille du bois.

Stéréotomie



Prototype de charpente continue, IBOIS
avec A. Billotte, A. Barail, D. Deschenaux, O. Lallier, M. Thorez, D. Warfel

Pierre et bois

La stéréotomie regroupe la pierre et le bois. Elle s'applique au matériau selon ses caractéristiques propres.

Les pierres de construction sont le plus souvent des roches sédimentaires, elles sont orientées par leurs strates de sédimentation. Ces pierres ne résistent qu'à la compression. Ainsi, il faut les positionner de telle sorte que l'effort de compression passe perpendiculairement aux strates de la pierre. Pour réunir les deux murs de Notre-Dame, les pierres se voûtent et suivent la compression.

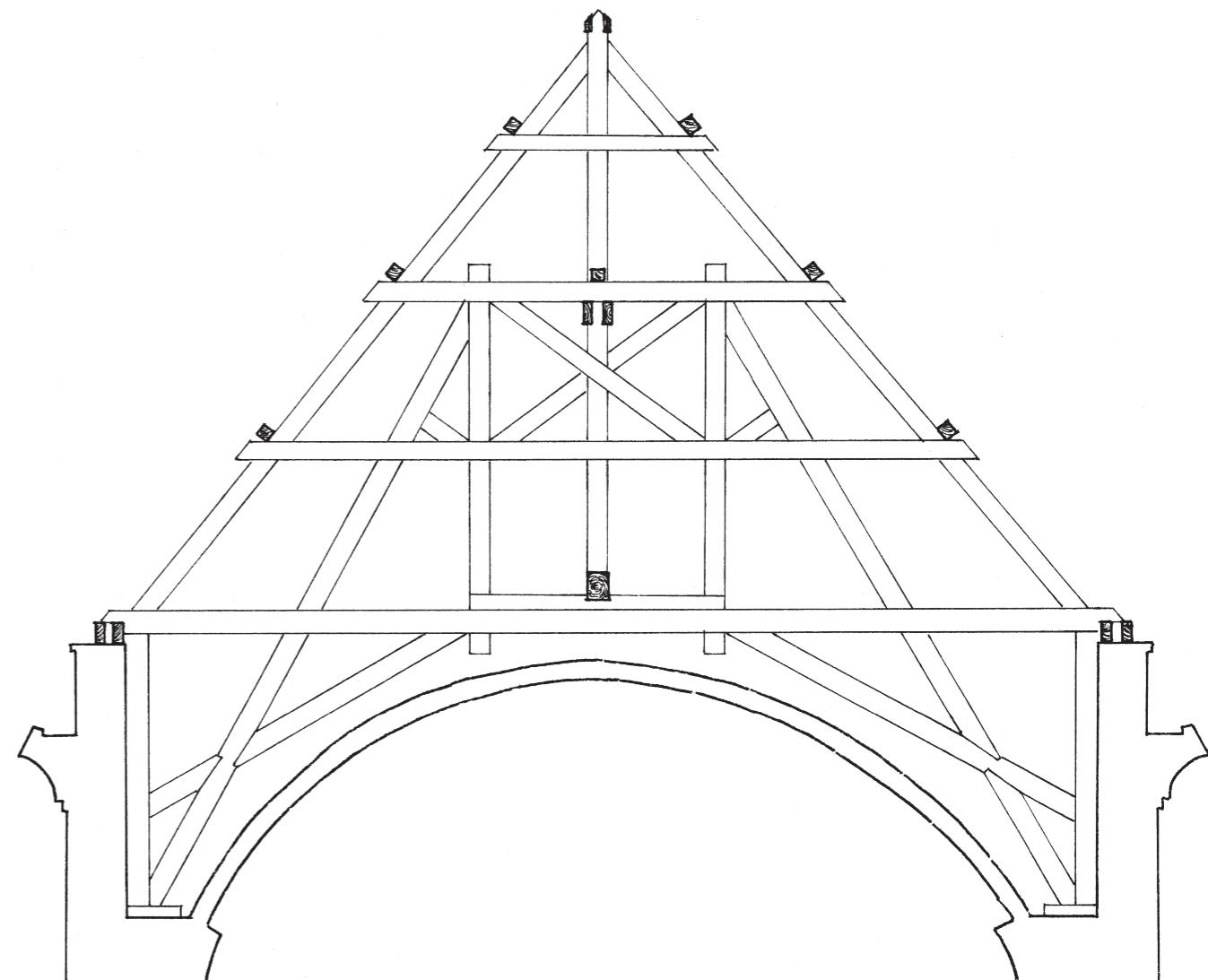
La pierre forme un volume tridimensionnel qui n'a aucune limite théorique dans les trois directions. C'est la taille qui lui donnera ces limites. Il faudra donc tailler la pierre sur toutes ses faces pour pouvoir la contenir. Il faut donc définir des volumes limitant autour du volume souhaité.

Les pierres sont alors des volumes auxquels on soustrait d'autres volumes. Pour cela, on taille et on creuse la matière. La scie n'est utilisée sur la pierre que pour dégrossir. Selon la dureté de la pierre, la scie varie, mais elle n'est pas adaptée. Les ciseaux et autres outils qui frappent la pierre permettent bien mieux de s'y adapter. La stéréotomie de la pierre est donc une question de soustraction de volumes.

Le bois est orienté dans sa longueur par toutes ses fibres qui ont grandi pour assurer la connexion entre les racines et la couronne. Ces fibres résistent tant à la traction qu'à la compression. Le bois est donc utilisé comme élément linéaire au travers duquel l'effort est transmis. Pour franchir les deux murs de la cathédrale, les bois s'assemblent et décomposent les efforts.

Le bois forme un volume tridimensionnel au même titre que la pierre, mais avec la différence que deux des directions sont limitées par la nature de l'arbre. C'est un élément linéaire qu'on pourra contenir simplement en définissant des plans limitants, aux assemblages.

Le bois est donc assemblé selon des plans qui intersectent la matière. Si on parle de taille aussi pour le bois, c'est au travers de la scie que l'on découpe ces plans. Contrairement à la pierre, pour le bois, quelle que soit son essence, il est suffisamment tendre pour qu'on le scie avec précision et efficacité. Ce dont il est donc question avec l'art du trait de charpente, c'est de trouver les plans de coupe dans l'espace.



Ferme périphérique de Notre-Dame de Paris

L'épure

À partir d'un dessin grandeur réelle de l'ouvrage à construire, on obtient les dimensions exactes selon lesquelles tailler les pierres ou couper le bois. Ce dessin est appelé l'épure, c'est une pratique très ancienne qui précède la géométrie descriptive de Monge et qui apparaît intuitivement dès lors qu'il se fait le besoin d'obtenir des données et informations pour permettre l'exécution de l'ouvrage¹⁶.

Au-delà de la géométrie, l'épure est aussi le lieu où il est question de statique et de résolution d'assemblage. Pour Claude Perrault, «*La stéréotomie est l'art de se servir de la pesanteur de la pierre contre elle-même et de la soutenir en l'air par le même poids qui la fait tomber*»¹⁷. Dans le dessin ci-contre d'une porte surmontée d'une plate-bande avec coussinets, le dessin permet de suspendre les voussoirs au-dessus du vide. Pour cela, il convient de respecter certaines règles de statique, le centre d'appareillage doit se trouver à une distance de l'intrados de 1,5 fois la largeur de la baie¹⁸. De plus, les pierres ou les bois doivent être assemblés de telle sorte qu'ils permettent la stabilité des éléments entre eux ainsi que la facilité et la justesse du montage. Ici, la cassure entre les voussoirs joue ce rôle plus qu'une fonction statique, sans elle, l'ouvrage serait tout aussi bien valide mais moins simple à régler et mettre en place. La stéréotomie intègre donc aussi les questions logistiques.

Les épures sont d'abord dessinées selon la géométrie plane. La règle aide à tracer des droites, le compas permet de dessiner des cercles ou des arcs ainsi que de reporter les distances. Un bout de bois peut être utilisé en règle, un bout de corde et un crayon créent un compas.

À partir d'une droite, on définit un point zéro et on trace cinq unités de mesure. À partir du point zéro, on trace un cercle de quatre unités de mesure. À partir du point numéro trois, on trace un cercle de cinq unités de mesure. Dès lors apparaissent deux points d'intersection entre les deux cercles. En les reliant, on s'aperçoit que la nouvelle droite passe par le point zéro et qu'elle est parfaitement perpendiculaire à la première. En effet, entre les deux droites, un rapport d'un triangle de 3/4/5 a été établi et, conformément au théorème de Pythagore, ce triangle est rectangle.

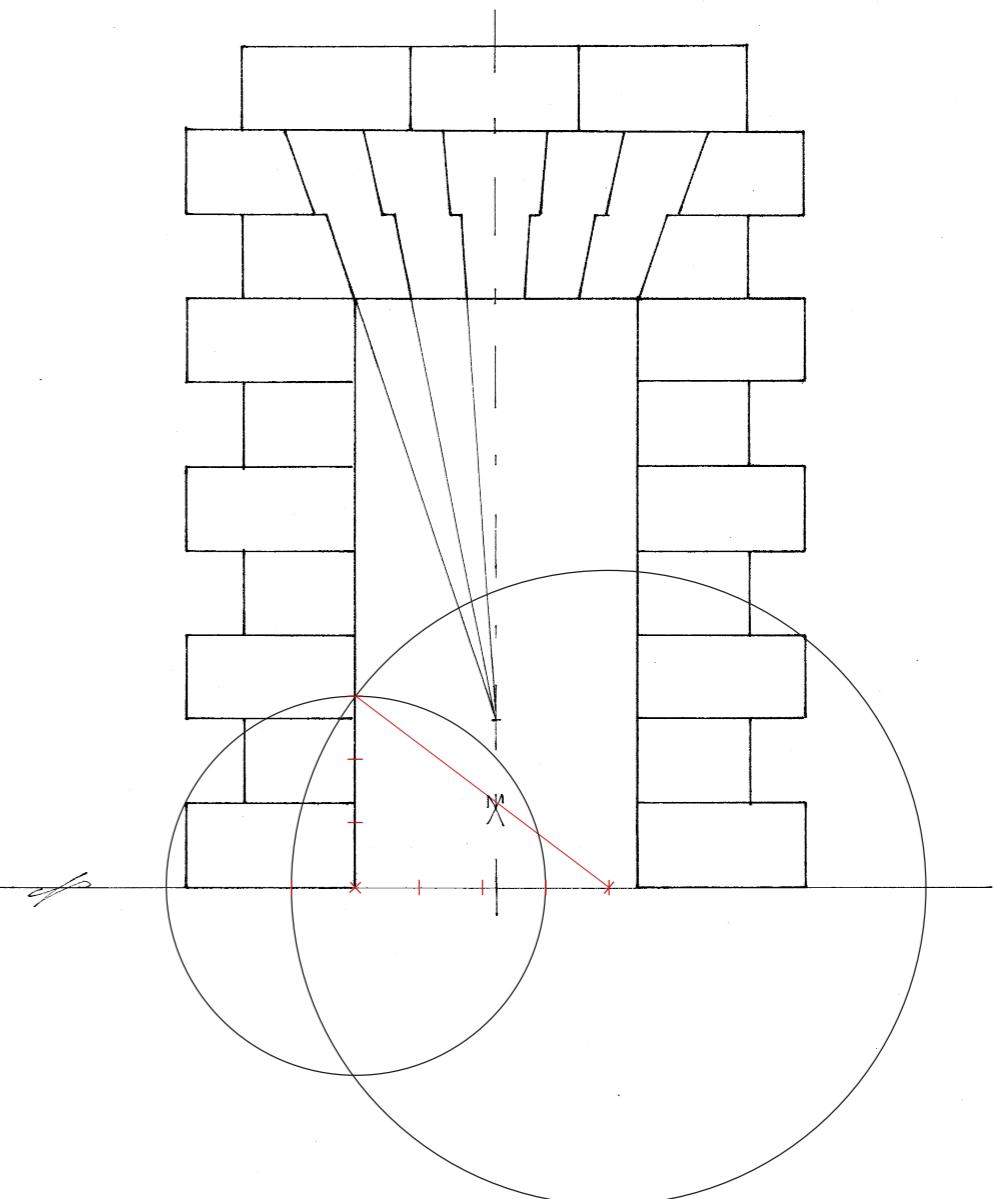


Plate-bande avec coussinets

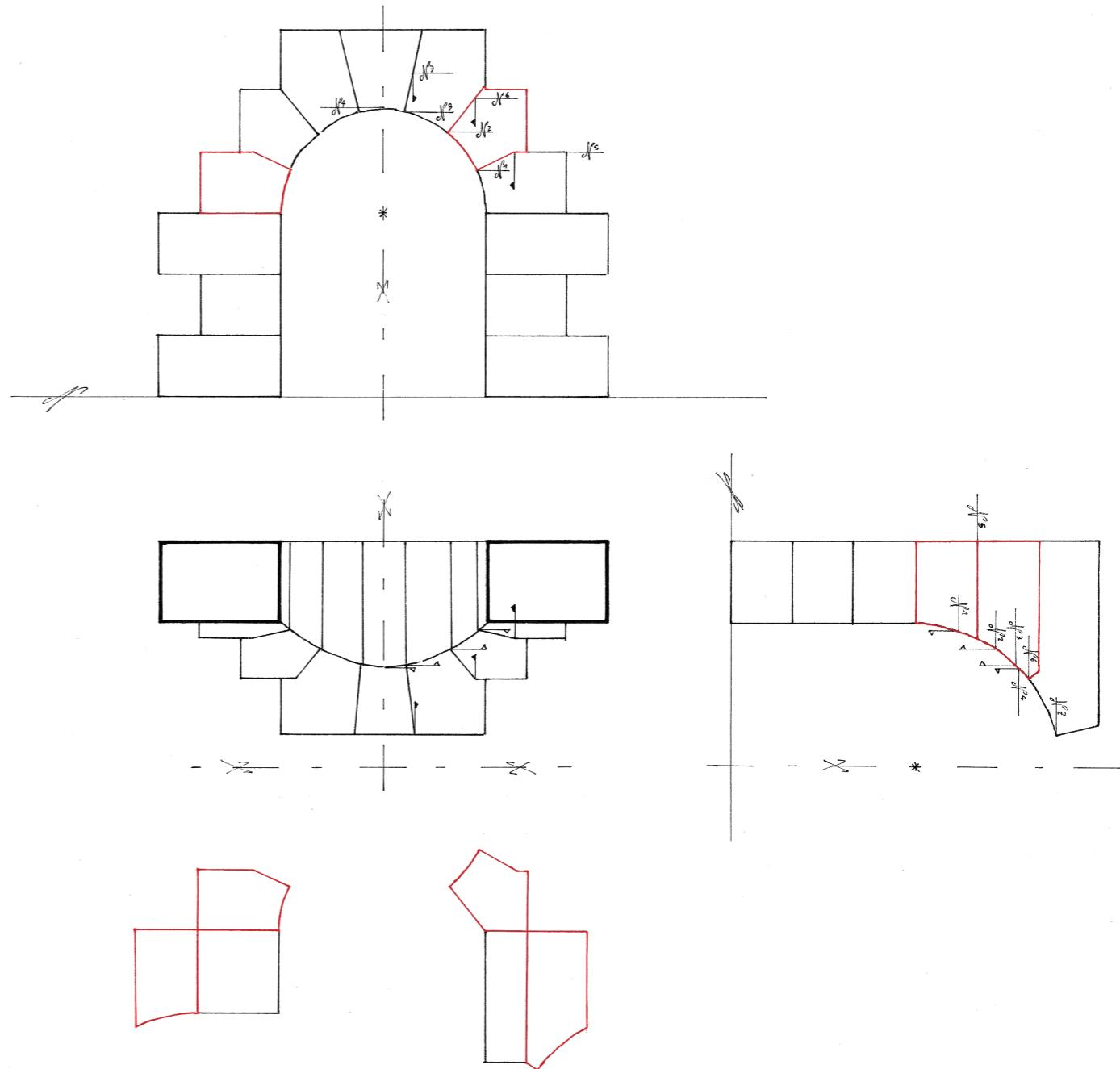
L'articuation des différentes vues

Les premiers dessins où apparaît clairement une articulation entre deux vues datent du XIV^e siècle¹⁹. Avant, les épures se limitaient à la projection sur un seul plan. Les pierres et les bois étaient taillés sur le moment, l'étape préalable de dessiner chaque élément n'était pas nécessaire. Les complexités géométriques n'étaient donc pas projetées à plat sur l'épure mais directement là où elles apparaissaient sur le chantier.

Par exemple, pour réaliser une porte surmontée d'un arc dans une tour ronde, soit l'intersection de deux géométries courbes, on utilisait la technique de la taille par ravallement. Elle consiste à tailler les voussoirs selon une épure qui considère l'arc comme appartenant à un plan. Les pierres sont alors montées ensemble et une fois en place, la matière en trop est taillée pour obtenir la géométrie ronde de la tour. La géométrie de l'arc est donc projetée sur l'épure, et ensuite la géométrie de la tour est projetée une fois sur place, relevée directement du tracé au sol²⁰.

Ces techniques ont cependant des limites en termes de complexité. Les Grecs et les Romains ont toujours évité les intersections de voûtes ; systématiquement, ils distançait les hauteurs des voûtes pour ne pas avoir à gérer cette complexité²¹. Le dessin qui articule les vues permet de résoudre ces situations facilement. Le géométral apparaît. Dans le dessin ci-contre d'un arc plein-cintre pénétrant une voûte, on peut extraire pour chaque pierre le dessin des faces nécessaires à la taille. Dès lors, les pierres et les bois peuvent être taillés en amont de leur mise en place sur le chantier.

Dans *Géométrie Pratique, Géométrie Savante*, Joël Sakarovitch associe ce changement de méthode à une inversion de la pensée constructive qui marque la pensée des constructeurs gothiques. La règle absolue du gothique est de poser les pierres, comme les charpentes, une fois taillées. Pendant l'Antiquité et au début du Moyen Âge, on pensait de la même façon que l'on construit, du bas vers le haut. Pour les bâtisseurs gothiques, c'est la structure portée qui impose la forme de la structure, dès lors la construction est pensée du haut vers le bas.



Arc plein-cintre intersectant une voûte

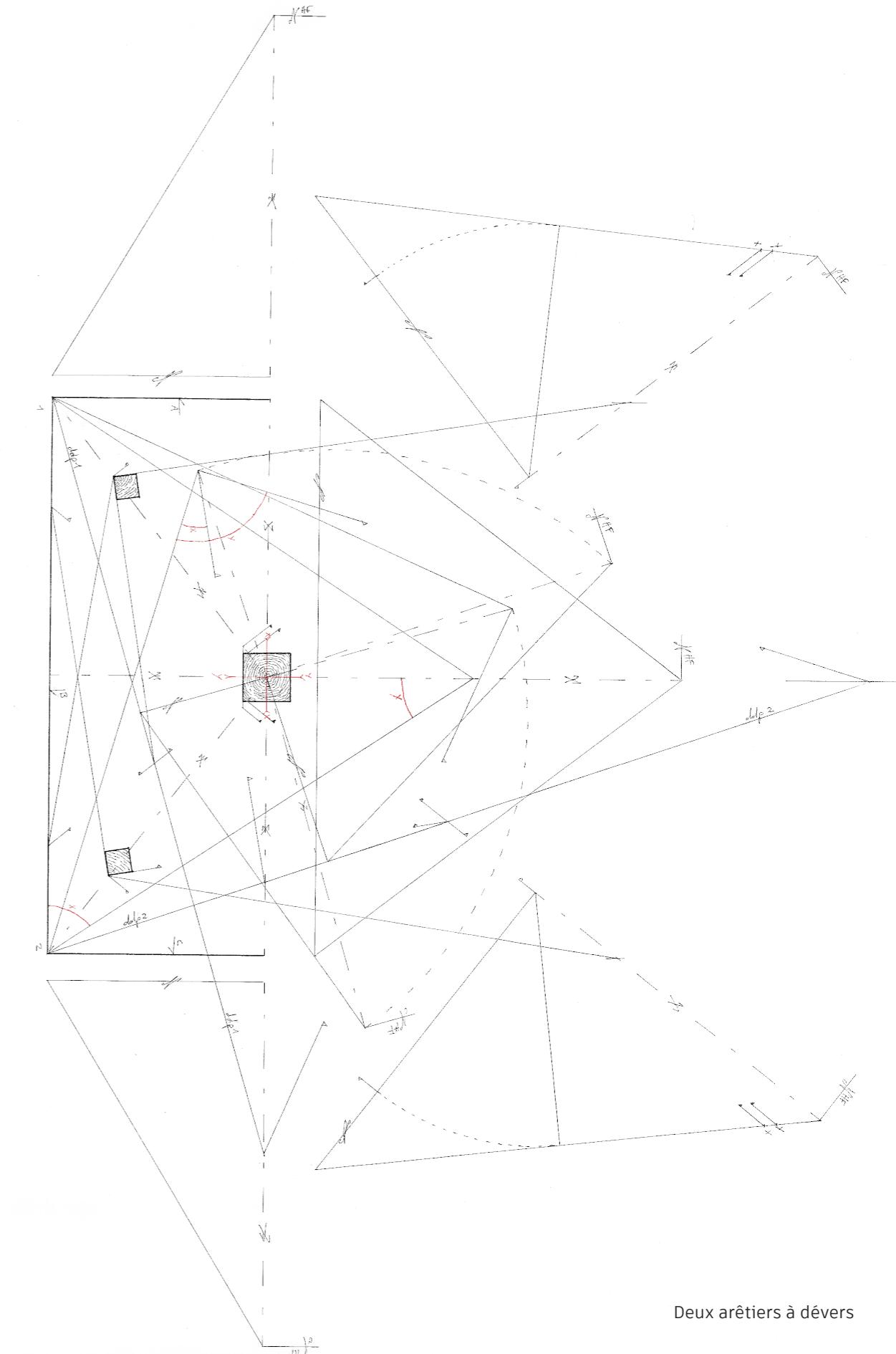
Multiplication des vues

L'articulation des vues donne en premier lieu le géométral classique, constitué de trois vues orthogonales : un plan et deux élévations. La multiplication de vues permet ensuite d'élargir considérablement les possibilités et le répertoire stéréotomique. Le dessin ci-contre représente trois pans avec l'intersection entre deux arêtiers à dévers et un poinçon. Les arêtiers sont à dévers, orientés de telle sorte qu'une de leurs faces soit confondue avec le plan formé par un des deux pans dont ils sont à l'arête. Ces arêtiers sont assemblés au poinçon par des engrèvements déterminés par les plans X et Y, qui correspondent aux faces du poinçon. Pour trouver les angles qui permettent de tracer ces assemblages, il faut dessiner douze vues : un plan, des élévations diverses, des vues par bout et des herses.

La complexité des superpositions implique de ne dessiner uniquement les traits nécessaires pour ne pas surcharger le dessin. Pour celui qui ne l'a pas fait, il faut faire un effort de compréhension. La perception de l'objet ou des méthodes utilisées n'est pas immédiate. Il faut suivre pas à pas la démarche de celui qui l'a dessiné pour que tout s'éclaircisse²².

On passe d'une vue à une autre et les plans sont déterminés selon les principes de la géométrie descriptive, théorisée par Gaspard Monge au XVIII^e siècle. Monge la définit de cette manière : «*La géométrie descriptive a deux objets : le premier est de donner les méthodes pour présenter sur une feuille de dessin qui n'a que deux dimensions tous les corps de la nature, qui en ont trois. Le second objet est de reconnaître d'après une description exacte les formes des corps, et d'en déduire toutes les vérités qui résultent de leurs formes et de leurs positions respectives.*»²³

La géométrie descriptive existait bien avant que Monge ne la théorise. Lui-même ne la revendique pas comme fondatrice d'une nouvelle science mais simplement comme l'explication des pratiques et constructions géométriques des diverses corporations d'artisans en un petit nombre d'éléments et d'opérations élémentaires qui permettent d'expliquer toutes les épures dessinées jusqu'à lors. En ce sens, la stéréotomie est à la géométrie descriptive ce que la perspective est à la géométrie projective²⁴.



Deux arêtiers à dévers

Division entre la théorie et la pratique

Du Moyen-Âge au XIXe siècle, la stéréotomie est le lieu privilégié de l'opposition entre la théorie et la pratique, et l'enjeu principal des rivalités entre ouvriers, architectes et ingénieurs²⁵. Dans les années 1640, le conflit entre Desargues et Curabelle illustre les deux visions de la construction qui s'affrontent. D'un côté, Desargues est un architecte, ingénieur et mathématicien, considéré comme l'un des géomètres les plus éminents de son époque. De l'autre, Curabelle est l'un des appareilleurs les plus célèbres et il a toute la profession regroupée derrière lui. Tout débute par la publication par Desargues d'un fascicule qui traite d'une descente biaise dans un mur en talus. Dans sa résolution géométrique, Desargues fait abstraction de la pesanteur et nie tous les problèmes statiques. Le tracé est géométriquement valable, mais faux pratiquement. Curabelle publie donc une réponse pour invalider la résolution : *L'Examen des œuvres de Sr Desargues, Lyonnais, contenant les erreurs et fautes de son brouillon de la coupe des pierres*. Suite à cela, Desargues et Curabelle enchaîneront les réponses, attaques, contre-attaques, injures et invectives²⁶.

Le fond de la querelle réside dans une question de pouvoir et d'organisation sur le chantier. Pour Curabelle, la légitimité est déterminée par des critères de faisabilité, alors que pour Desargues, seul compte la justesse du raisonnement. Si les appareilleurs l'emportent, ils restent la clé de voûte du chantier et demeurent maîtres de leurs épures. Si les géomètres s'imposent, si le dessin trouve sa propre légitimité en lui-même et si on peut se libérer des contraintes physiques, l'épure peut alors être abstraite du chantier et l'architecte en devient le maître²⁷.

D'un mépris réciproque entre hommes de métier et architectes naît une division corporative ainsi qu'une volonté d'hégémonie sur la construction. Desargues écrit alors : «*Non plus que les médecins ne vont ni à l'école ni à la leçon des apothicaires, aussi les géomètres ne vont ni à l'école ni à la leçon des maçons, mais au contraire les maçons vont à l'école et à la leçon des géomètres, en quoi de même, les géomètres sont les maîtres et les maçons disciples.*». Il affirme ainsi un primat du théorique sur le pratique. Il s'agit pour lui de créer des documents graphiques précis et complets qui fassent autorité sur le chantier, et où la réalisation ne demande aucune prise de décision à l'ouvrier en dehors de son strict domaine de compétence²⁸.

Déjà deux siècles plus tôt, dans son traité *De Re Aedificatoria* publié en 1485, Alberti propose une distinction claire entre les tâches intellectuelles de l'architecte et les travaux pratiques réalisés par les ouvriers. «*Je devrais préciser exactement ce que j'entends par architecte : car ce n'est pas au charpentier que je voudrais que vous le compariez, mais avec les plus grands représentants des autres disciplines. Le charpentier n'est qu'un instrument entre les mains de l'architecte.*» Il défend une vision élitaire de l'architecte comme une figure savante, impliquée dans l'esthétique et la science, plutôt qu'un praticien engagé directement dans le travail manuel²⁹.

Cependant, à mesure que la scission entre la théorie et la pratique se creuse, certains architectes comme Philibert de l'Orme défendent une vision alternative. En 1567, dans son ouvrage *Le Premier Tome de l'Architecture*, il insiste sur le fait que l'architecte doit être : «*philosophe pour raisonner sagement, géomètre pour bien mesurer, ..., praticien pour exécuter ses ouvrages*». Dans cet ouvrage, De l'Orme cherche l'équilibre entre théorie et pratique et il sera le premier architecte à intégrer la stéréotomie dans un traité d'architecture.

Bien qu'opposé à la vision de l'architecte d'Alberti, Philibert de l'Orme contribue tout autant à la hiérarchisation des métiers, où il place l'architecte au-dessus des hommes de métier et où il les réduit, comme Alberti, au rôle de simples exécutants. En intégrant la stéréotomie dans un cadre théorique et écrit, il retire à ces savoirs leur caractère empirique transmis par l'expérience et les traditions ouvrières. Les compétences pratiques sont alors transformées en sciences réservées à l'élite intellectuelle. Philibert de l'Orme met donc en valeur la pratique et la stéréotomie, mais il les réattribue à la figure de l'architecte savant.

Au XVIIIe siècle, l'École du Génie de Mézières (une des premières écoles d'ingénieurs d'Europe) transforme la stéréotomie en une discipline scolaire pour former les ingénieurs à la vision dans l'espace plutôt qu'à la construction. Dans l'héritage de la pensée de Desargues, la stéréotomie est alors réduite simplement à son aspect géométrique et théorique. Gaspard Monge, professeur à Mézières, théorise alors la discipline en développant la géométrie descriptive. Lors de la fondation de l'École Polytechnique en 1794, cet enseignement est intégré et systématisé, faisant de la stéréotomie une science abstraite destinée à former des ingénieurs capables d'appliquer ses principes à des ouvrages complexes, quel que soit le matériau³⁰.

Parallèlement, la stéréotomie des pierres et l'art du trait de charpente ont continué d'être transmis comme méthode de construction dans les corporations ouvrières. En 1889, Louis Monduit publie un traité de stéréotomie qu'il veut théorique et pratique. Dans l'introduction, il écrit : «*Nous n'avons pas eu la pensée de faire une œuvre scientifique mais une étude pratique qui sera, je l'espère, à la portée de toutes les intelligences. Nous trouvons que l'on fait aujourd'hui trop de science et pas assez de pratique.*»³¹ Dans son ouvrage, Monduit commence par un rappel des bases de la géométrie descriptive et enchaîne avec 80 épures dont la complexité augmente progressivement. Ce traité est à vocation pédagogique ; il intègre à la fois les leçons de Monge et de la géométrie descriptive ainsi que les techniques pragmatiques en vue de la taille des pierres. En étudiant ces épures, quiconque peut tracer à son tour pour en comprendre la construction et la logique avant de réaliser la coupe des pierres. Ainsi, le dessin de la page 23 représentant la rencontre d'un arc avec une voûte est tiré de l'étude d'une des épures de Monduit.

Malgré que la stéréotomie ne soit plus largement utilisée comme technique de construction, elle a continué d'être transmise, toujours accompagnée d'un lien fort et presque mystique avec son matériau, le bois ou la pierre. Publiées à la fin du XXe siècle, dans leurs Encyclopédies des Métiers respectives, on peut lire :

Chez les tailleurs de pierre : «*C'est parce que nous voulons que la pierre redévienne un matériau de construction qu'elle n'aurait jamais dû cesser d'être qu'il faut que nous transmettions l'héritage de nos connaissances techniques, enseignées depuis des siècles.*»³²

Et chez les charpentiers : «*Il est des métiers qui ne s'abandonnent pas, qui ne veulent pas mourir, dont les hommes se font entendre dans l'évolution des techniques, dont il n'est pas toujours prouvé qu'elle soit toujours bénéfique à la civilisation. La charpente est animée par des hommes qui ne baissent pas facilement les bras. Ce livre est un acte de foi.*»³³

Aujourd'hui, la scission de la stéréotomie s'exprime encore. Elle est enseignée sur le plan théorique aux étudiants en architecture à l'École Polytechnique de Lausanne. En même temps, elle est toujours transmise sous sa forme pratique aux apprentis en charpente et en taille de pierre.

Bois rond et trait



Tréteau en bois rond

Apréhender le bois rond

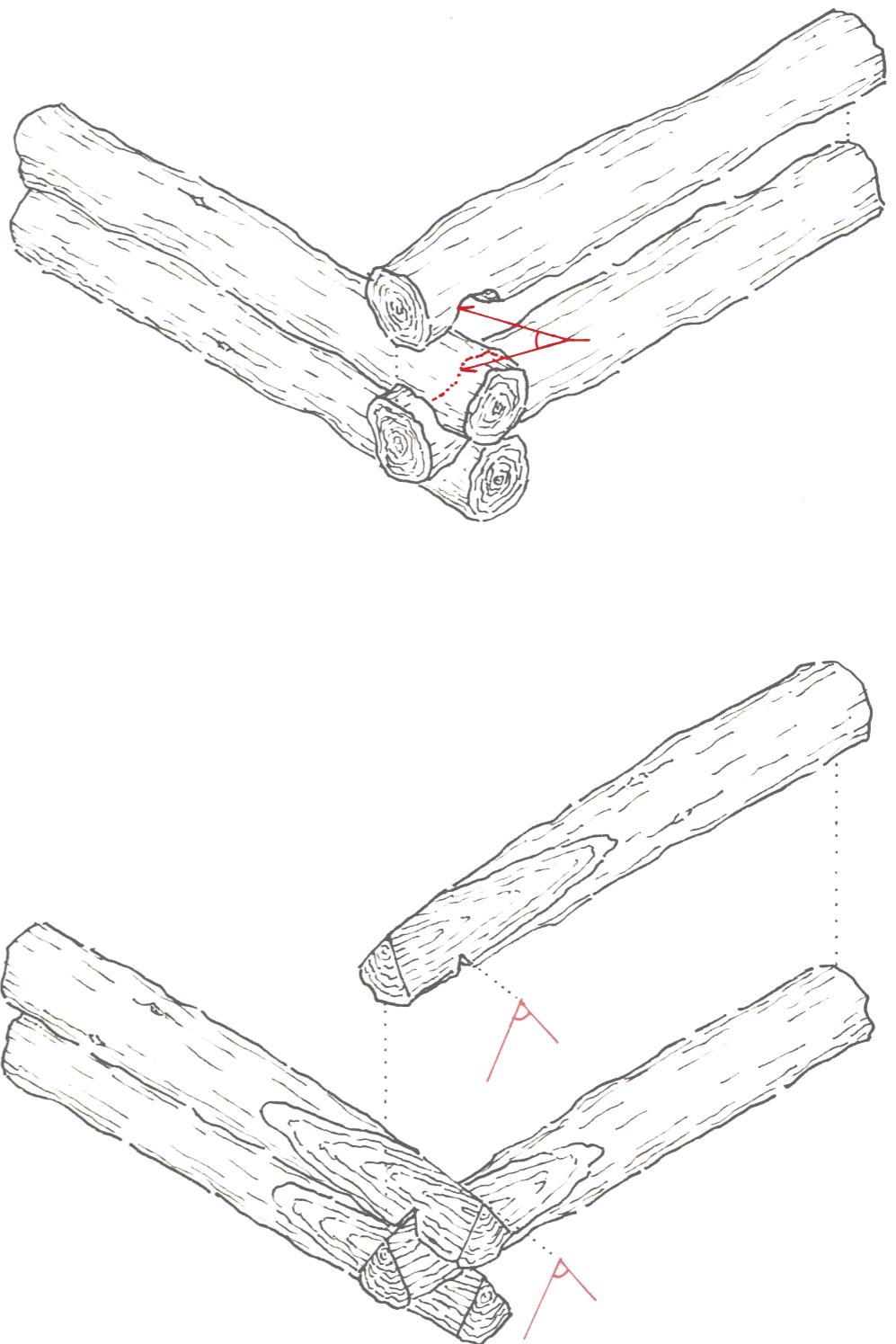
Dans *La Maison de Bois Rond*, André Julien explique comment construire des maisons en fuste avec les techniques scandinaves. En tant que constructeur, il défend l'idée que l'emploi de produits industrialisés en bois endort notre ingéniosité et le goût de faire du beau³⁴. À l'inverse, il fait l'éloge du bois brut :

«Tout le plaisir de la construction en bois rond, c'est que rien n'y est routinier, uniforme ou standard. La disparité du matériau est un défi de tout instant et sa beauté, un enchantement sans cesse renouvelé.»³⁵

Pour appréhender le bois rond, André Julien décrit une méthode qui consiste à reporter l'irrégularité d'une pièce par rapport à une autre. Ainsi, pour assembler deux bois ronds, l'un est placé au-dessus de l'autre. Ensuite, à l'aide d'un compas tenu à l'horizontale, l'irrégularité de la pièce du dessous est tracée sur la pièce du dessus. Celle-ci peut alors être taillée sur mesure pour correspondre à son environnement.

Une autre méthode pour appréhender le bois rond consiste à définir des plans d'intersection entre les différents éléments. Il ne s'agit alors plus de tailler une pièce en fonction d'une autre, mais de toutes les tailler selon les plans d'intersection. Contrairement à la première méthode, les pièces de bois deviennent indépendantes les unes des autres et sont déterminées par la géométrie dans l'espace.

L'art du trait de charpente peut donc s'appliquer au bois rond. On peut alors exécuter en bois rond toute la complexité du répertoire stéréotomique. Malgré l'irrégularité de la matière, les coupes peuvent être déterminées avec précision en amont de la pose.



Deux méthodes pour construire en bois rond

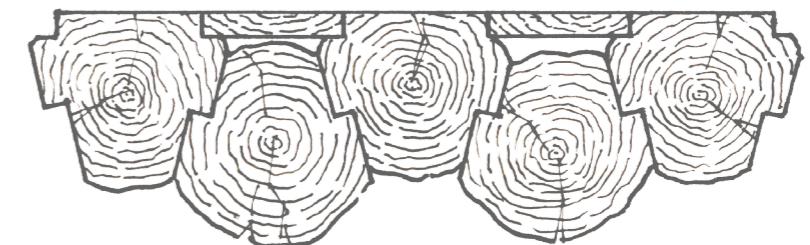
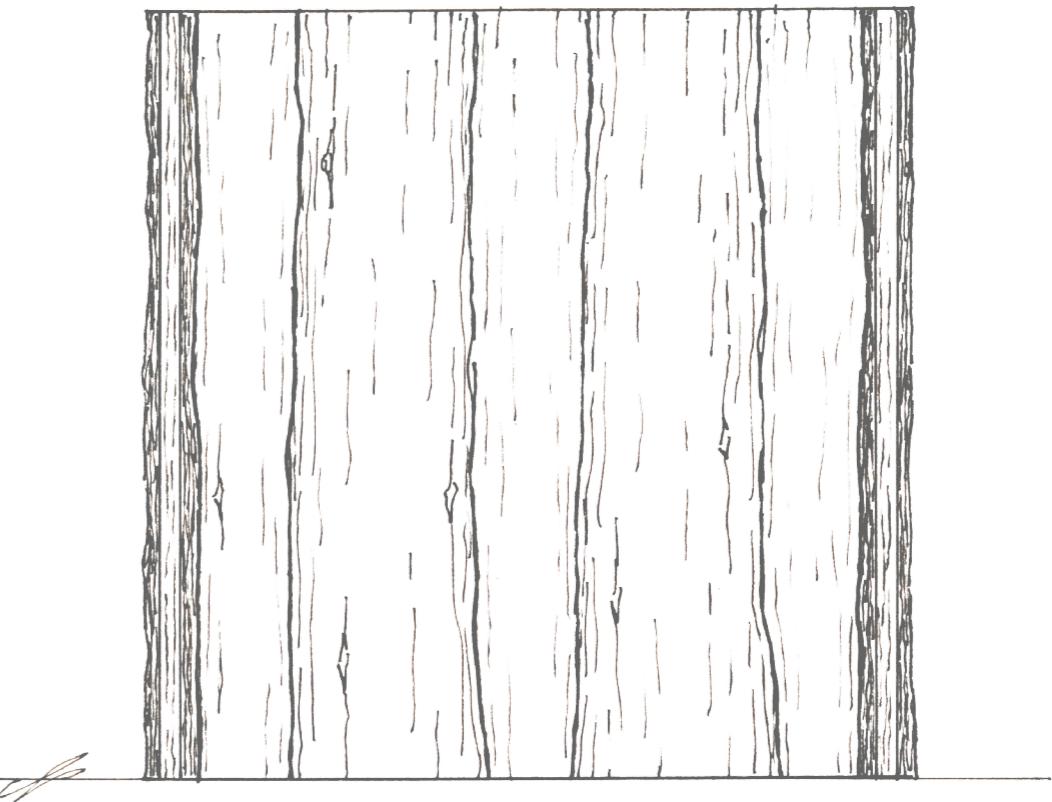
Taille du bois dans sa masse

A la façon du bois scié, le bois rond peut être taillé ponctuellement aux assemblages. De la même manière que la pierre, le bois rond peut être taillé dans sa masse.

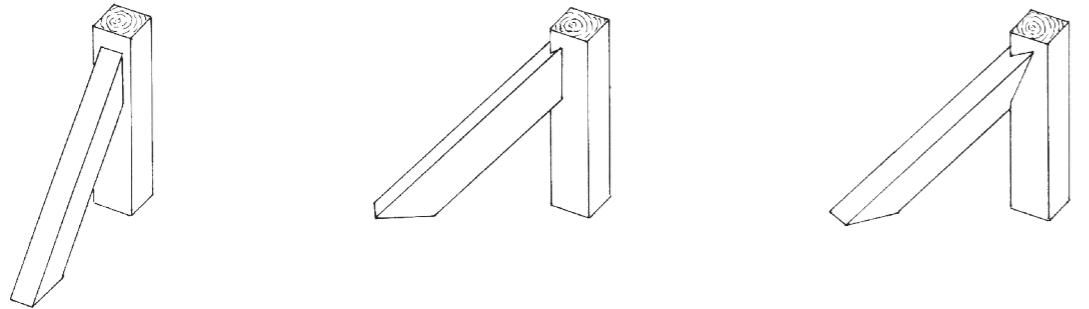
Pour les bois sciés, l'effort préalable du sciage rend absurde ou inefficace l'émancipation du repère orthogonal et de la section rectangulaire. Pour utiliser une section sciée autre que rectangulaire, il faudrait alors demander en amont à la scierie un sciage particulier ou alors posséder sa propre scierie mobile³⁶. Même si cela est possible, il est peu commun de croiser des bois sciés autrement qu'en rectangle. Dans une forêt de sections rectangulaires, à Notre-Dame, au-dessus de la croisée des transepts, on trouve huit bois de section pentagonale. Elles permettent la naissance, dans différentes directions, du tabouret de la flèche.

Façonner le bois directement à partir de l'arbre permet de le scier sur sa longueur et de le tailler dans sa masse de la façon dont on le souhaite. On se rapproche alors d'une logique constructive propre à la pierre. Dans le dessin ci-contre d'une paroi en bois rond, le plan partage des similarités avec la vue de la plate-bande de la page 21. Ici, les sections de bois ressemblent aux voussoirs qui surmontent la porte. Les cassures dans les assemblages entre deux sections de bois s'apparentent aux coussinets entre les pierres ; ils ont en effet le même rôle d'aide au positionnement des éléments entre eux tout en participant à la rigidité générale.

Construire en pierres, c'est transformer un tas de cailloux informes, le matin, en un ouvrage parfaitement plan, le soir. Avec la stéréotomie des bois ronds, on peut changer des arbres irréguliers en surfaces continues. Ici, la paroi est plane sur un côté et laissée irrégulière de l'autre.



Paroi construite à partir de bois rond

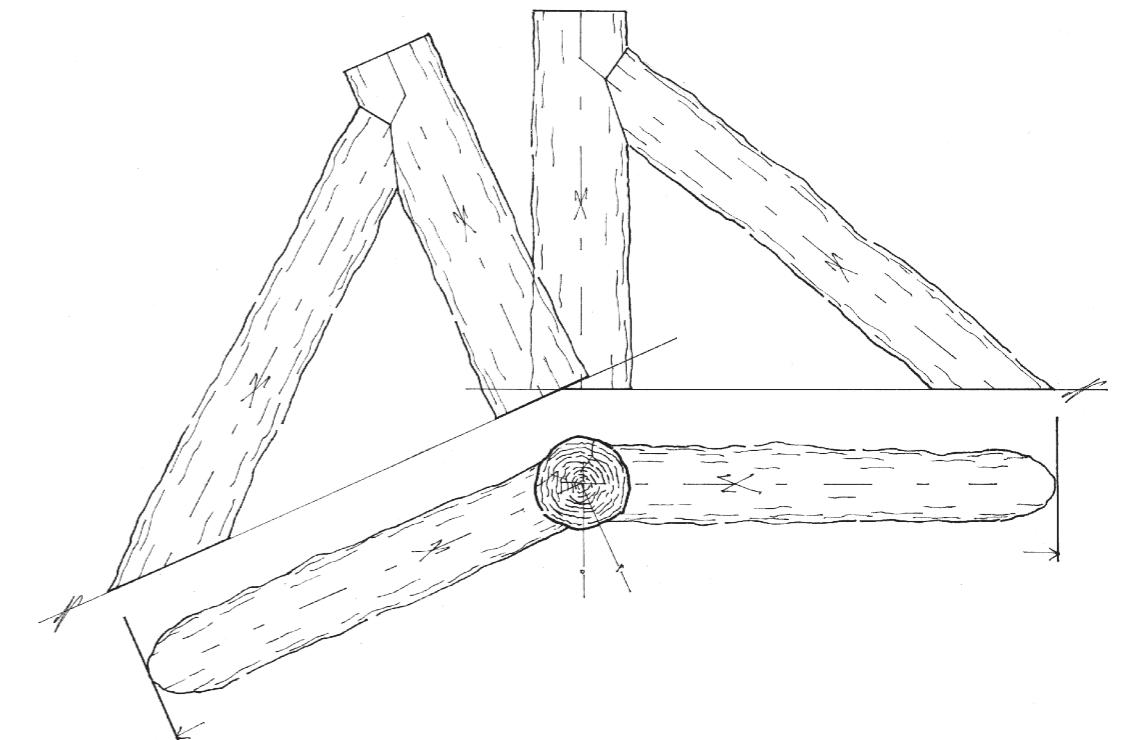
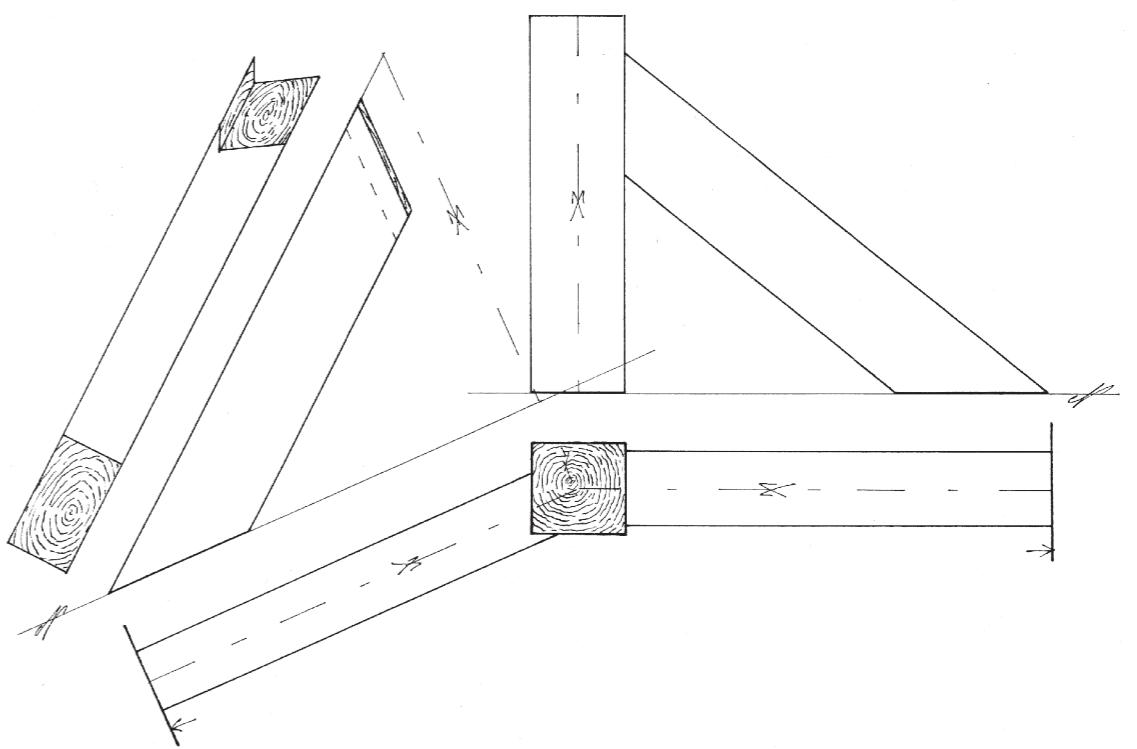
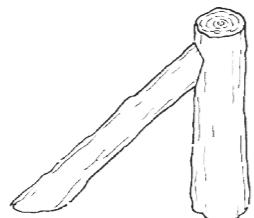


Emancipation du repère orthogonal

Équarir ou scier les arbres donne naissance au repère orthogonal. Par conséquent, toutes les connexions sont déterminées par la rencontre de deux repères orthogonaux. Selon leurs orientations dans l'espace, trois situations sont possibles : rencontre face à aplomb sur la face, rencontre face à aplomb sur l'arête, rencontre face à dévers.

Avec du bois rond, recréer artificiellement un repère orthogonal serait une erreur qui créerait des difficultés inutiles. En effet, lors de la rencontre de deux bois ronds, quelle que soit leur orientation dans l'espace, il n'y a qu'une seule possibilité de situation de rencontre. Ainsi, les situations complexes de dévers en bois scié sont largement simplifiées avec le bois rond, car par définition, le bois rond ne peut pas être à dévers ; il y a systématiquement un repère selon lequel il est d'aplomb.

Une infinité de repères peuvent être utilisés pour définir le bois rond, ainsi il doit être caractérisé par un repère radial où les orientations sont définies par un angle par rapport à un axe zéro.



Comparaison bois scié, bois rond

Caractérisation géométrique

On a l'habitude d'utiliser le bois scié mécaniquement, relativement sec et corroyé. Les sections sont donc parfaites ou suffisamment proches de la perfection pour que l'on puisse faire abstraction des petites irrégularités. Avec ce type de bois, on peut considérer que les quatre faces sont planes et orthogonales. Par conséquent, les quatre arêtes sont des droites parallèles les unes aux autres.

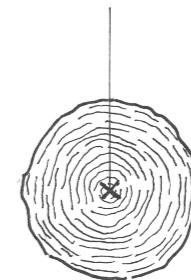
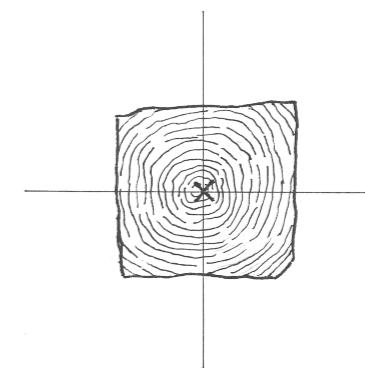
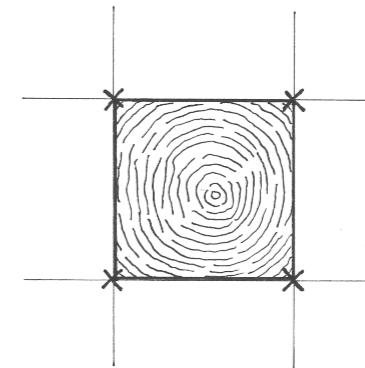
On peut alors caractériser géométriquement ces bois par quatre plans orthogonaux et par quatre axes de référence.

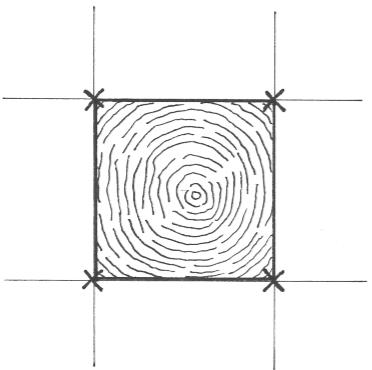
Lorsque le bois est utilisé vert, qu'il a séché ou encore qu'il a été équarris à la hache ou bien scié à la main, on ne peut pas le considérer comme un volume parfait. Il faut alors le caractériser différemment. Pour cela, il faut ligner le bois. On commence par tracer la plumée de dévers, une référence d'horizontalité sur la face du dessus, puis on trace sur les deux extrémités une croix constituée d'un axe vertical et un horizontal à partir de la fibre neutre (l'axe central de la pièce de bois). En réunissant ces deux croix, le bois est ligné.

Ainsi, la pièce de bois est définie par un plan vertical, un plan horizontal et un axe central ; elle est donc caractérisée par deux plans orthogonaux et un axe de référence.

Le bois rond partage avec le bois vert la problématique de l'irrégularité. Ainsi, le bois rond peut aussi être caractérisé par un axe central. Le repère orthogonal étant inapproprié, on applique un repère radial au bois rond. Dès lors, une orientation zéro de référence doit être définie à partir de l'axe central. On placera systématiquement l'orientation zéro en direction du ciel, de telle sorte que dans sa position finale au sein d'un ouvrage, la pièce soit d'aplomb selon l'orientation zéro.

Le bois rond est donc caractérisé par un plan vertical de référence ainsi qu'un axe central.



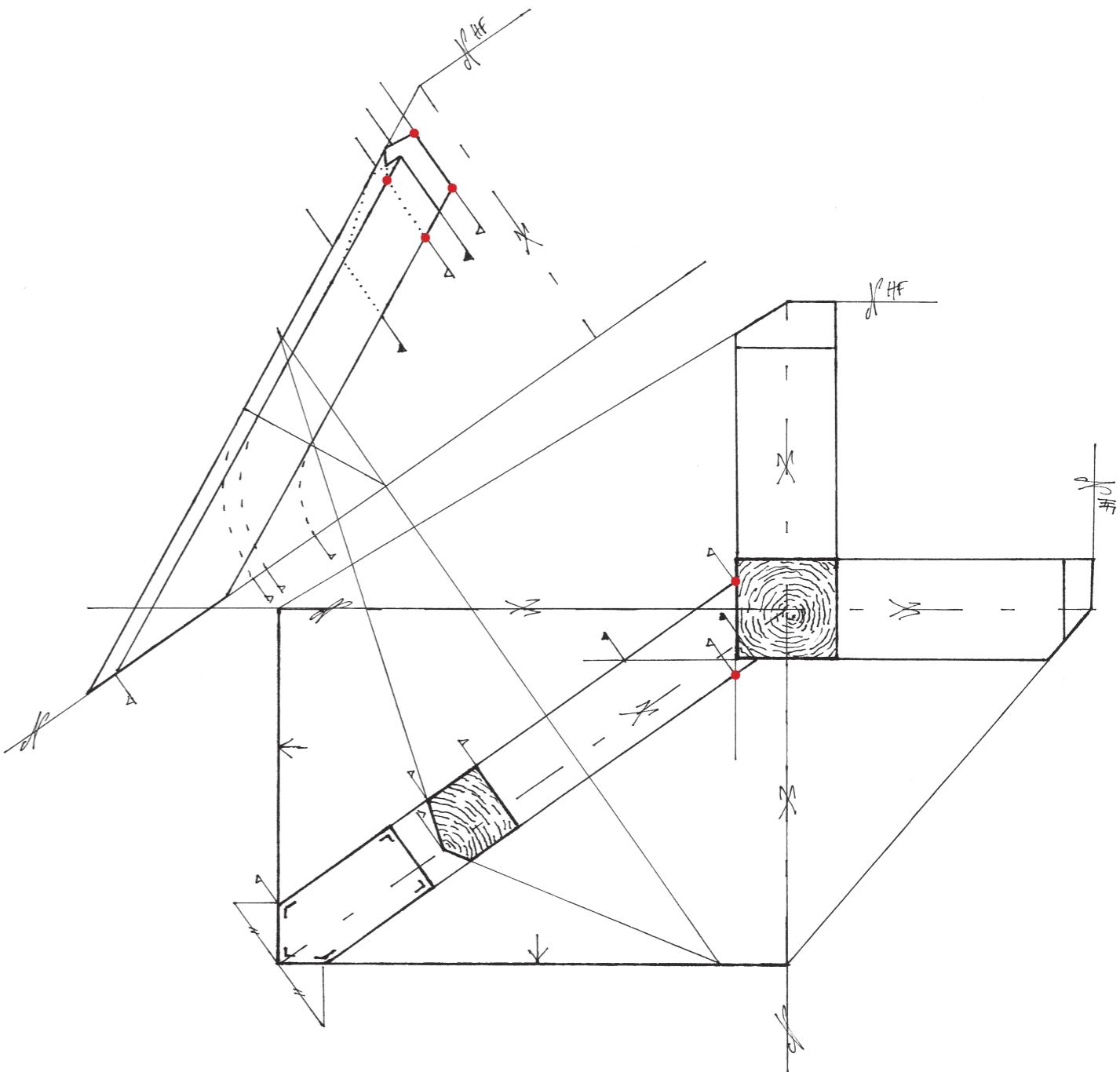


Bois parfaits, logique de points

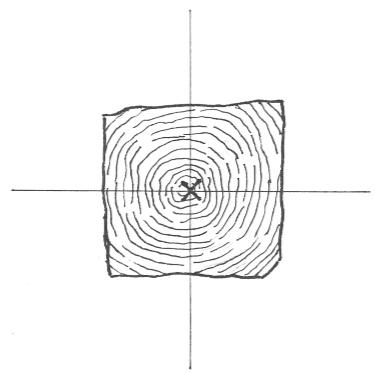
Lorsque les bois sont assimilables à des parallélogrammes parfaits, on peut dessiner sur l'épure les quatre axes et les quatre plans qui les caractérisent.

Sur le dessin ci-contre de la rencontre entre un arêtier et un poinçon, les pièces de bois apparaissent sur le plan et sur leurs élévations respectives. Ainsi, l'assemblage entre l'arêtier et le poinçon est déterminé par la rencontre entre les quatre arêtes de l'arêtier et les deux plans définis par les faces du poinçon. À partir des points de rencontre entre ces arêtes et ces plans, les points peuvent être relevés sur l'élévation de l'arêtier pour correspondre à ses axes dans leurs vraies longueurs. Pour chaque plan de coupe, quatre points apparaissent alors, un sur chaque axe.

En reliant les quatre points, on forme un plan. Avec des bois parfaits, les plans de coupe peuvent donc être facilement définis avec une logique de points.



Arêtier et poinçon en bois parfaits

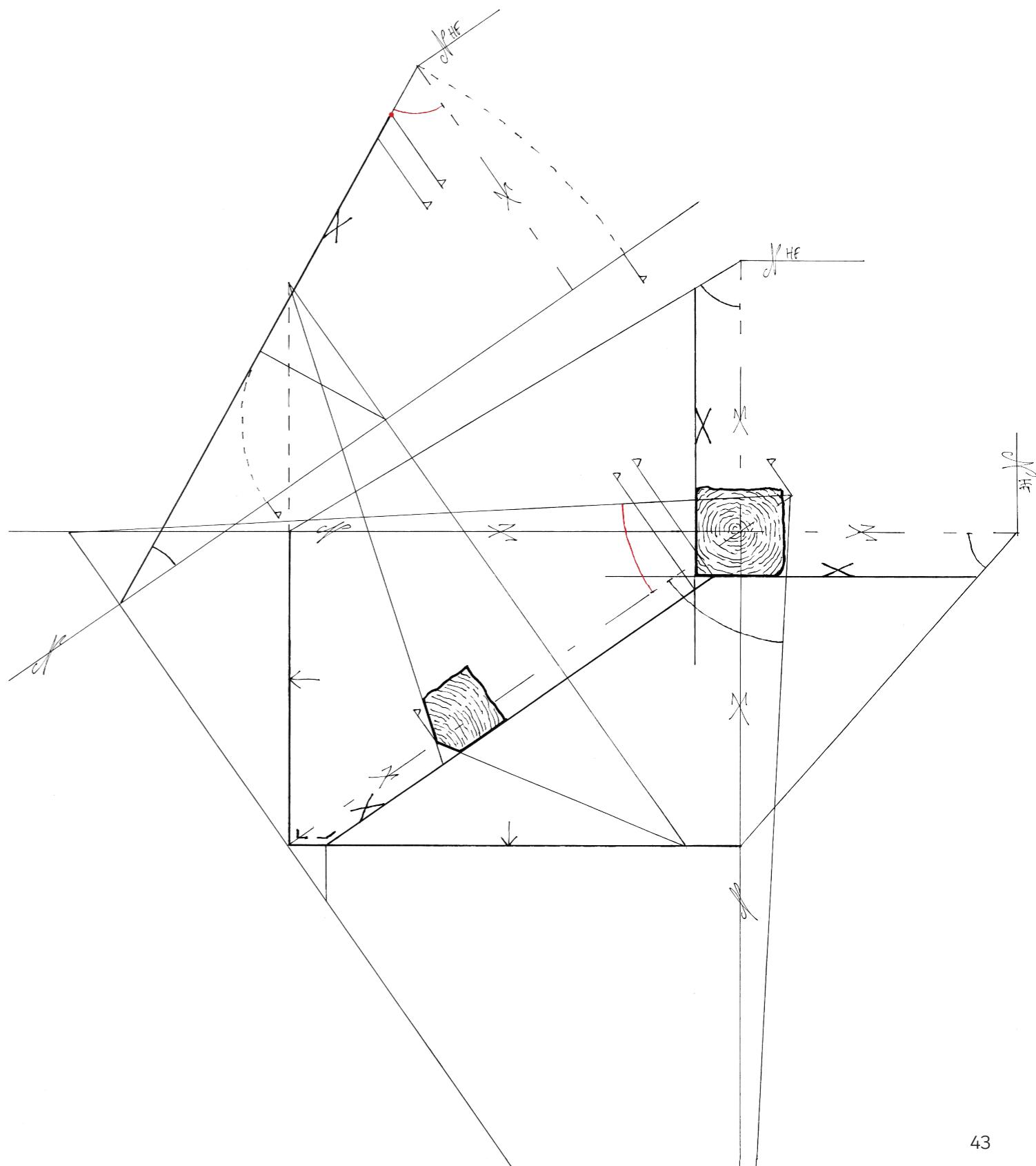


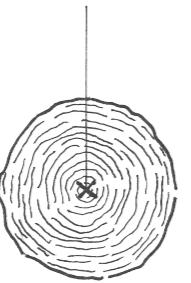
Bois irréguliers, logique de points et d'angles

Avec des bois irréguliers, on ne peut plus définir quatre points pour former un plan car les arêtes ne sont pas fiables. Il faut alors trouver les plans de coupe d'une autre façon. À la différence des bois parfaits, les bois irréguliers sont caractérisés seulement par un axe ; sur l'épure, on ne peut donc dessiner qu'un seul axe.

Ici, il faut alors travailler par intersection de plans. L'assemblage entre l'arêtier et le poinçon peut donc être trouvé par les angles qui résultent de l'intersection des plans. Chaque plan de coupe est alors défini par deux angles. Une fois les angles déterminés, il faut trouver un point à partir duquel tracer le plan de coupe. Pour chaque pièce, on définit alors une arête théorique de référence. Cette arête théorique permet d'identifier l'épaisseur du bois par rapport à son axe central. Elle est définie comme une translation de l'axe central relativement aux deux plans qui caractérisent le bois irrégulier. Sur l'épure, l'arête théorique est accompagnée d'une croix qui indique de quel côté se trouve le bois. L'intersection de l'arête théorique de l'arêtier avec les plans du poinçon donne les points à partir desquels tracer les angles.

Ainsi, avec un point et deux angles, on peut définir un plan de coupe et gérer du bois irrégulier.



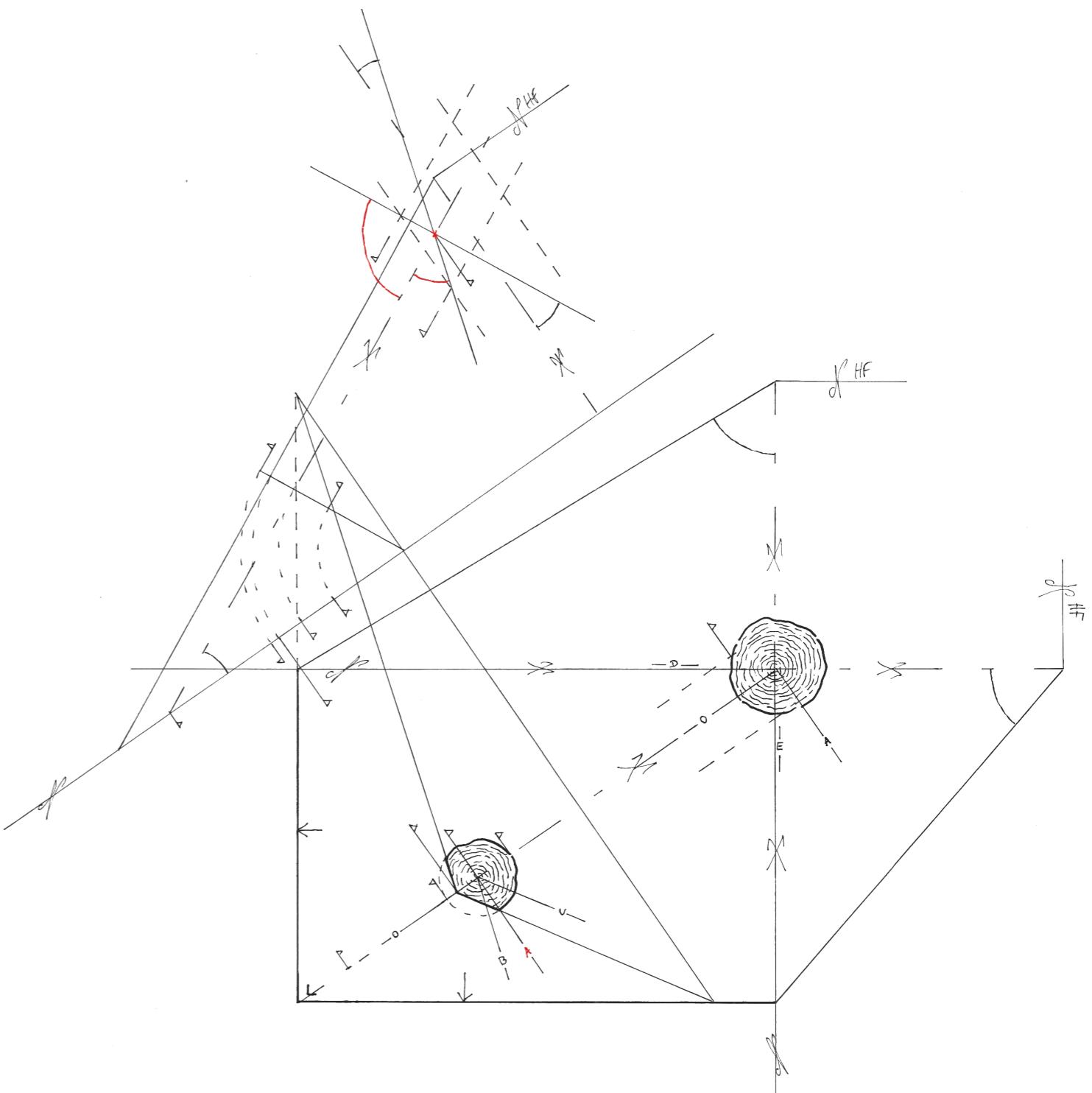


Bois ronds, logique de points, d'angles et d'orientations

Dans la logique des deux angles du bois irrégulier, dans le cas particulier où un des deux angles est égal à 90° , on peut considérer que le plan de coupe se résume à une projection orthogonale selon un seul angle. Dans la mesure où le bois rond n'est pas caractérisé par le repère orthogonal, il existe systématiquement une orientation selon laquelle un plan de coupe peut se résumer à un angle projeté orthogonalement.

Sur le dessin, on utilise les vues par bout pour trouver les différentes orientations. Ici, pour l'arêtier, l'orientation A permet de projeter la coupe de pied et les coupes d'embrevement avec le poinçon, et les orientations B et C permettent de tailler les délardés. Pour le poinçon, l'orientation A permet aussi d'obtenir les coupes de l'embrèvement, et les orientations D et E servent à projeter les coupes de couronnement du poinçon.

Pour chaque plan de coupe, on cherche donc à déterminer un angle, un point sur l'axe auquel rattacher l'angle, ainsi qu'une orientation selon laquelle l'angle peut définir à lui seul un plan.



Arêtier et poinçon en bois ronds

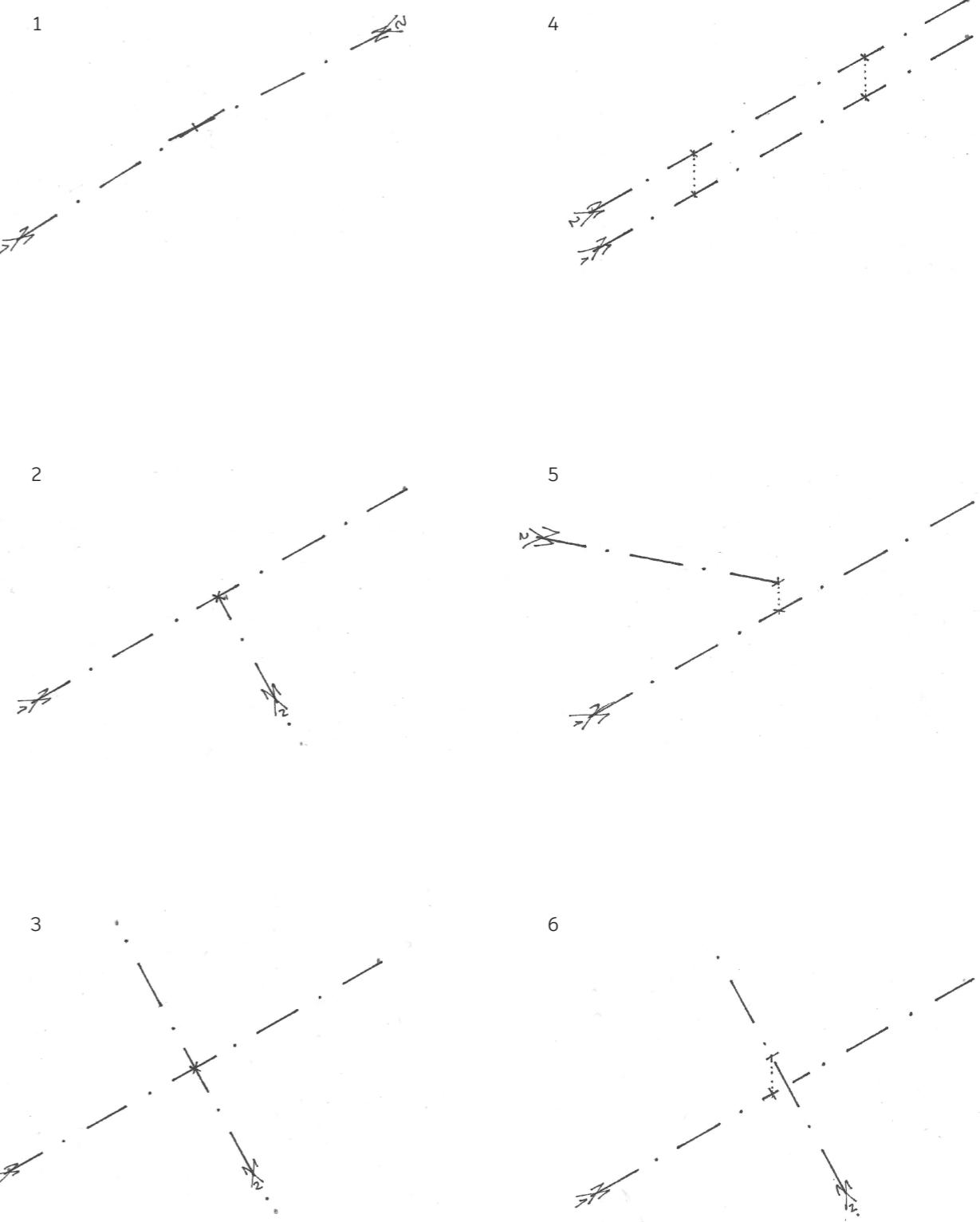
Situations géométriques

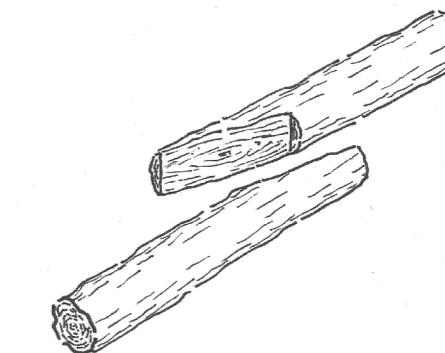
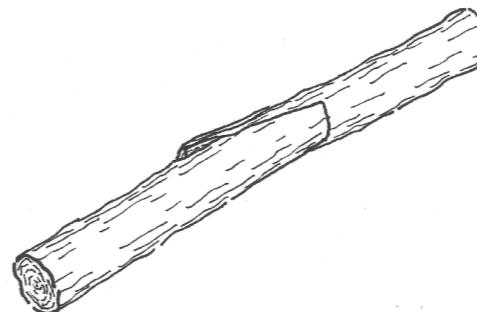
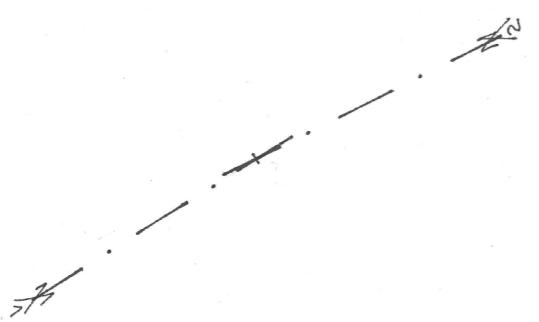
Pour assembler les bois ronds, les différentes situations géométriques de rencontre conduisent à divers types d'assemblages et de tracés. Ici, six situations fondamentales sont identifiées. Pour chacune, un assemblage de base est proposé afin de permettre à chacun de le reproduire. À partir de ces tracés de base et des principes du trait de charpente, de nombreux ouvrages peuvent être dessinés.

Les assemblages sont définis par des plans. À la différence du bois scié, le bois rond n'a pas de faces sur lesquelles s'appuyer pour construire les assemblages. Avec des sections rectangulaires, les faces du bois vont naturellement conduire à la recherche d'une surface plane de connexion comme point de départ d'un assemblage. Depuis ce plat, des plans peuvent être tirés pour rejoindre les faces des bois. Le bois rond n'a pas de face et, de la même façon que recréer un repère orthogonal serait une erreur, il ne faut pas systématiquement chercher à recréer artificiellement une face de contact plane comme point de départ de l'assemblage. Vouloir appliquer les assemblages propres aux panneaux ou aux bois sciés revient à abstraire son caractère irrégulier, et à le résoudre dans un second temps en le considérant comme un problème. Construit de cette façon, l'assemblage paraîtra disgracieux, non maîtrisé ou inutilement complexe.

Les assemblages doivent, au contraire, être pensés à partir du bois rond lui-même et par rapport à son caractère irrégulier. Dans la conception architecturale, ils ne doivent pas être pensés après coup mais directement au moment où l'on envisage de mettre en œuvre du bois rond.

En vue de la réalisation, ces assemblages doivent être simples pour faciliter leur façonnage. Cependant, dans cette simplicité, il est crucial de ne pas oublier de penser à la façon dont l'ouvrage sera levé. Sans faces pour servir de repères au levage, on devient vite aveugle dans nos propres pièces si les assemblages sont trop simples pour guider la mise en place. Il faut donc tracer des repères sur les bois pour conserver, au levage, la justesse géométrique de l'épure.





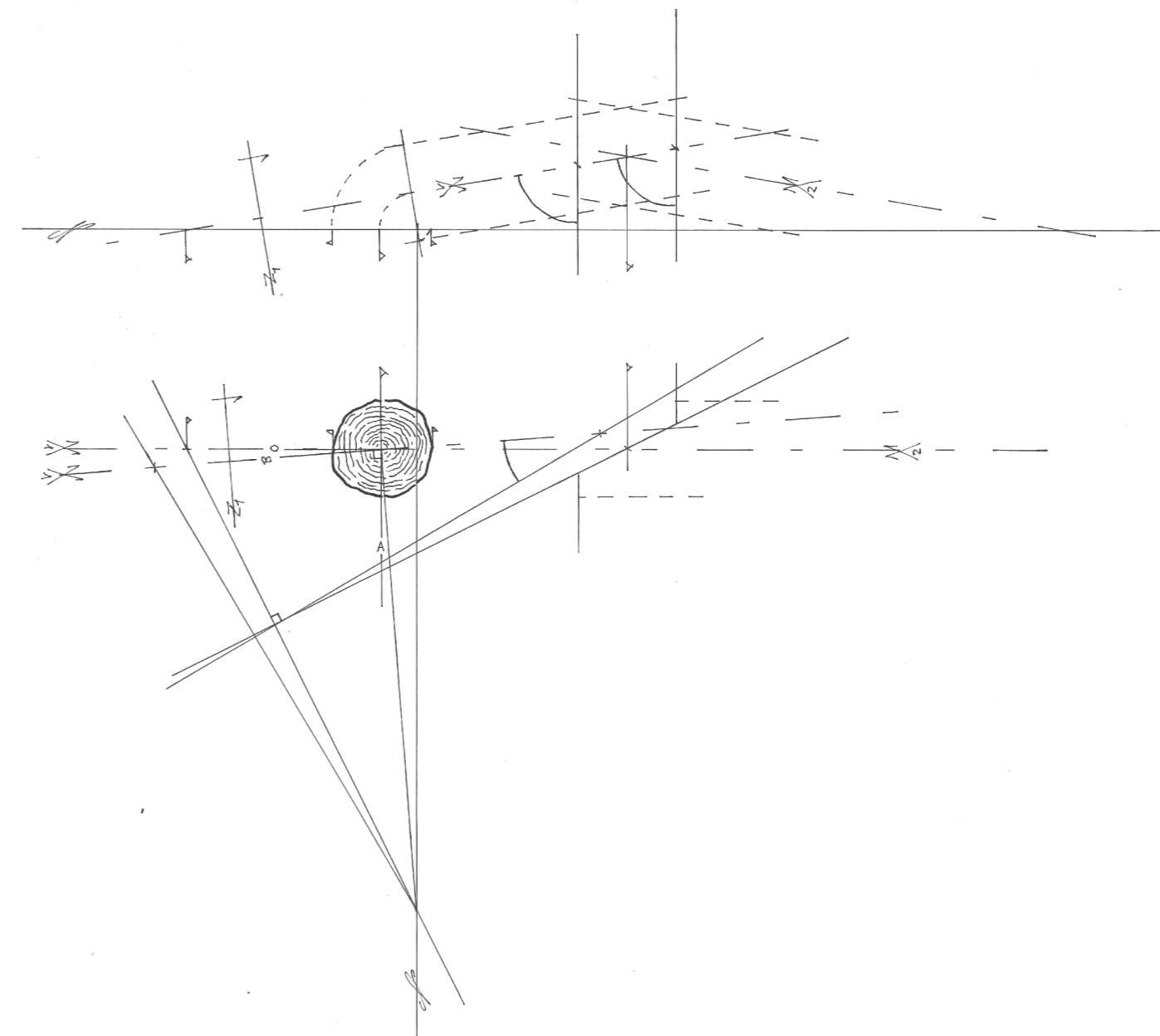
1 - Axes coplanaires

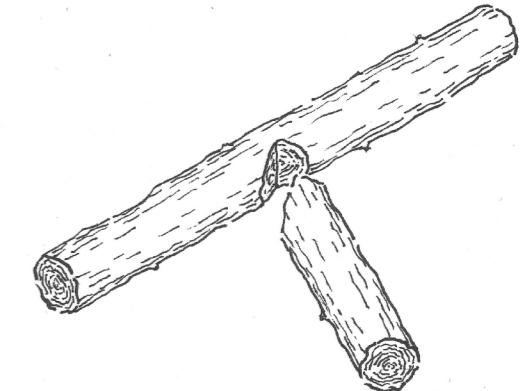
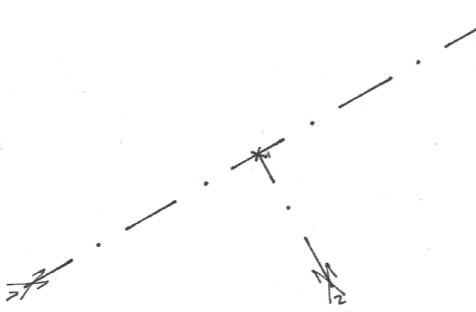
Dans cette situation, deux bois ronds sont assemblés par bout. Il y a un léger angle entre les deux axes et l'assemblage proposé est une coupe à sifflet désaboutée.

L'assemblage contient donc un plan de coupe quelconque dans l'espace : en plan, la coupe à sifflet a un angle par rapport aux axes et, en plus, du fait de l'angle entre les deux axes, on ne peut pas utiliser le plan pour déterminer l'assemblage en longueur réelle. En effet, si les axes étaient co-linéaires, la simple représentation du plan serait suffisante pour déterminer les angles.

Ici, les pièces de bois sont déformées en plan ; comme elles ne sont pas à plat, elles ne sont pas représentées dans leur vraie longueur. Il faut donc trouver l'orientation selon laquelle la coupe à sifflet peut être représentée par une ligne. Ensuite, on pourra mesurer l'angle entre cette ligne et l'axe du bois vu dans sa vraie longueur.

Quant aux désaboutés, ils peuvent être facilement déterminés sur l'élévation qui représente les pièces de bois à plat. Les désaboutés sont perpendiculaires à l'axe. En remontant leur position en plan, on obtient le point et l'angle d'intersection avec les axes. Ces coupes viennent de l'orientation A, car c'est celle qui correspond au rabattement en élévation.





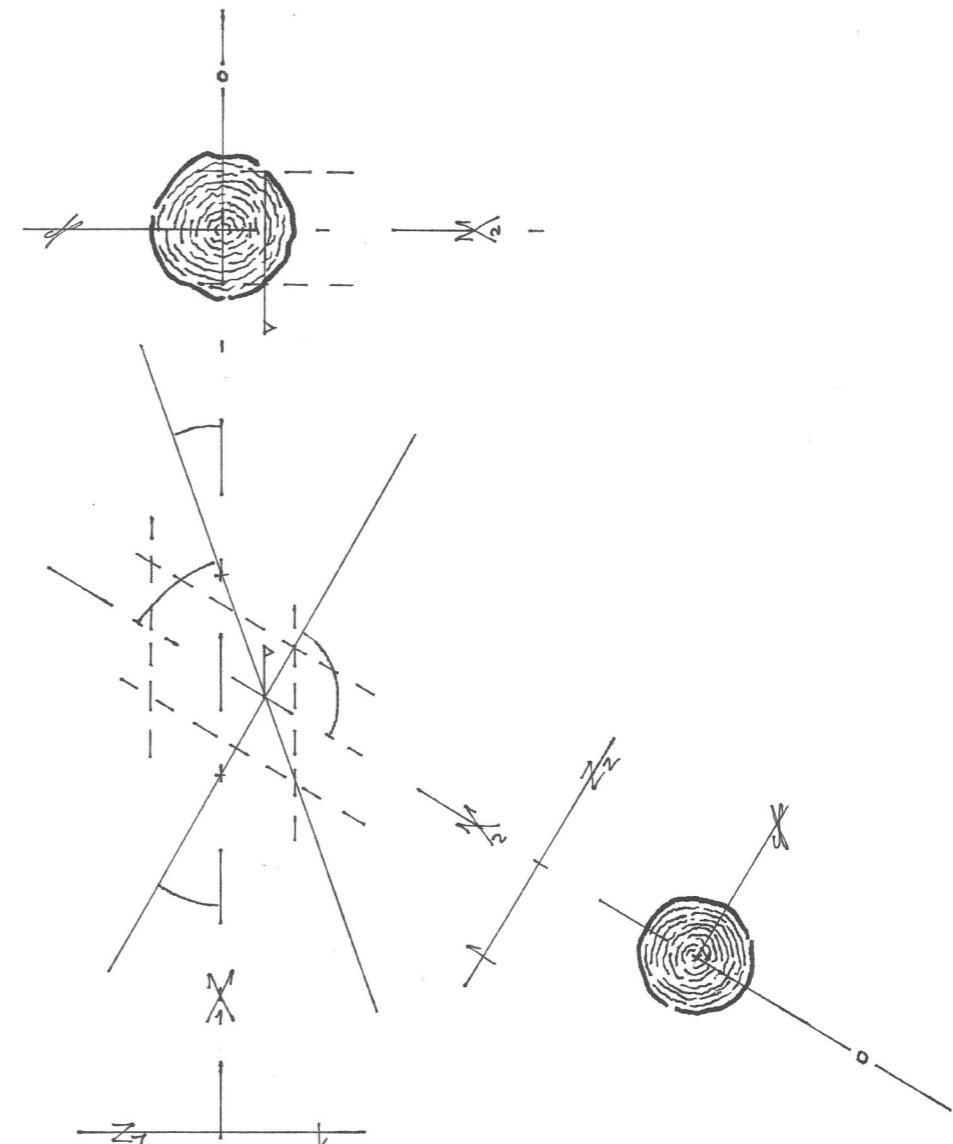
2 - Axes coplanaires

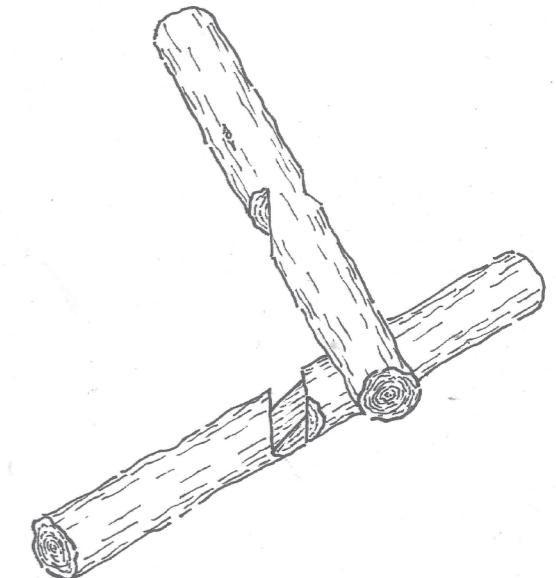
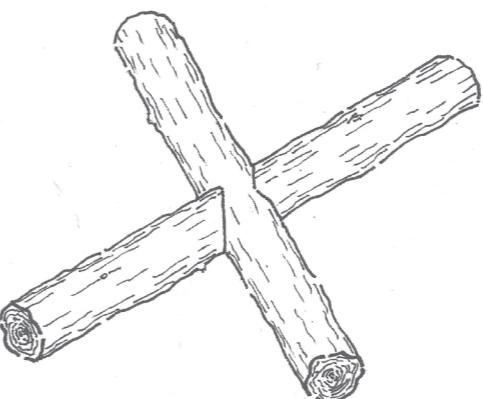
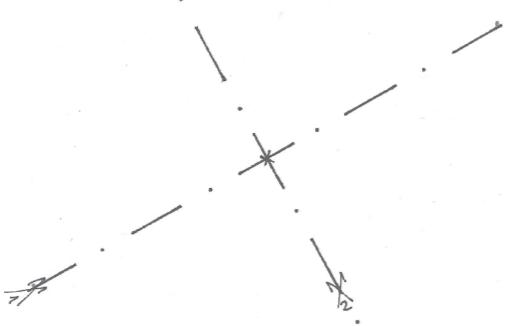
Lorsqu'une pièce rencontre une autre de cette façon, on peut systématiquement définir un plan selon lequel les deux bois apparaissent dans leur vraie longueur. Pour assembler ces deux pièces à partir de cette vue, il faut trouver des plans d'intersection qui les relient, puis qui fuient vers l'infini, étant donné qu'on n'a pas de face sur laquelle finir l'assemblage. Il faut aussi créer une bonne surface de contact entre les deux pièces, permettant un transfert de charges et correspondant à la géométrie ronde du bois.

On arrive donc naturellement à définir deux plans formant une sorte d'embrèvement comme base de l'assemblage. De cette façon, on évite le mauvais réflexe qui aurait consisté à d'abord s'imposer un plat entre les deux pièces, puis à définir des plans qui fuient. À partir de nos deux plans, on pourra toujours, si besoin, ajouter un troisième plan, de la manière dont on le souhaite.

L'épure est très simple, il n'y a pas d'orientation particulière car on reste en plan, donc en orientation zéro. Les deux plans de coupe croisent les deux axes et donnent les points ainsi que les angles nécessaires à la taille.

Pour assembler les deux pièces, l'embrèvement donne la position de levage dans deux directions, mais la troisième reste libre. Il faut donc soit ajouter un tenon, qui peut aussi servir à joindre les deux pièces, soit tracer les axes des deux pièces selon les orientations à 90° et -90° pour avoir une référence d'alignement en hauteur.



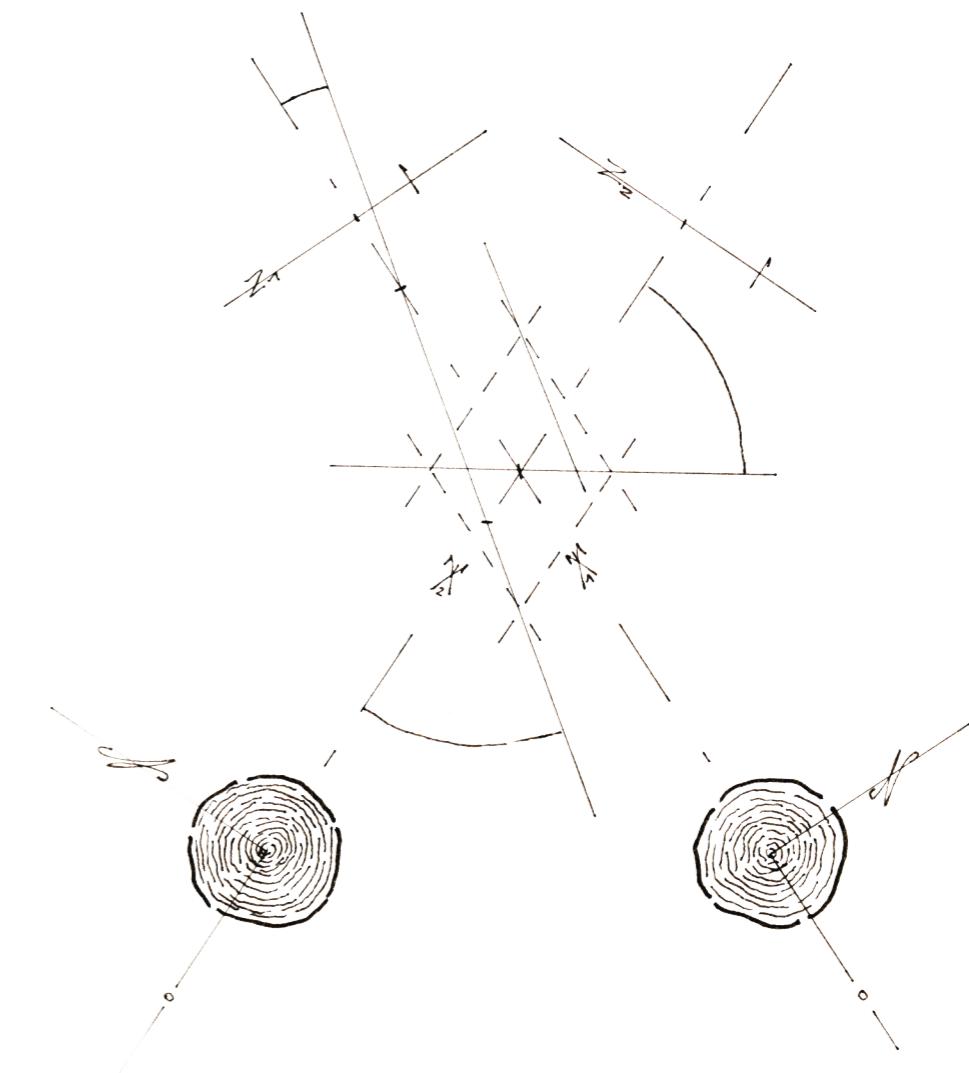


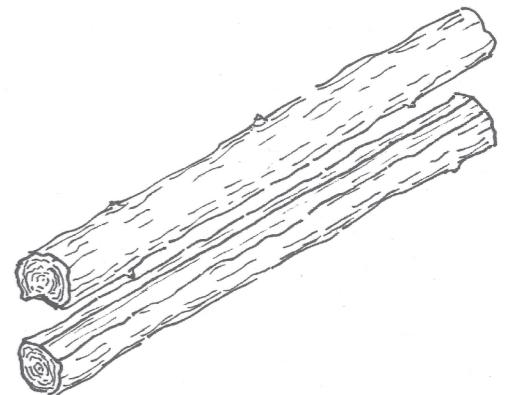
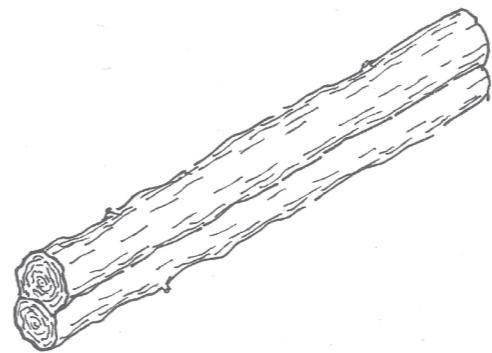
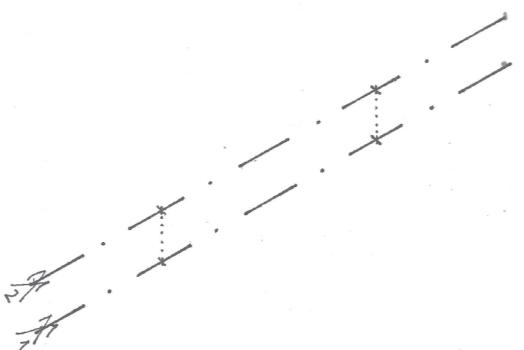
3 - Axes coplanaires

Cette situation s'apparente à la précédente. En plan, sur la première pièce, on crée donc des embrèvements sur les deux côtés de rencontre avec la deuxième. La deuxième pièce est alors continue sur la face du dessus. Il faut donc que l'autre soit continue sur la face du dessous, ainsi des embrèvements sont faits de manière inversée sur la partie basse. Un plan de rencontre plat émerge alors entre cette paire d'embrèvements.

L'assemblage ainsi créé est un mi-bois-embremvement. La complexité des mi-bois en bois rond réside dans le fait de prendre en compte l'irrégularité. Si l'on voulait faire un mi-bois classique, il faudrait alors tailler avec une marge incertaine. La connexion entre les bois ne se ferait alors que sur le plat et non sur les côtés. Les embrèvements permettent de gérer l'irrégularité, ils augmentent considérablement la surface de contact et règlent parfaitement la position des deux pièces entre elles lors du levage.

Sur l'épure, on trouve les angles de la même façon que dans la situation précédente, uniquement avec le plan. L'assemblage est parfaitement symétrique, on peut alors déterminer les embrèvements pour une pièce et appliquer les mêmes mesures à l'autre.





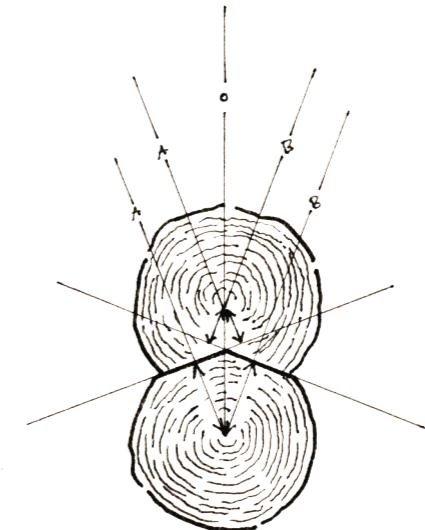
4 - Axes coplanaires

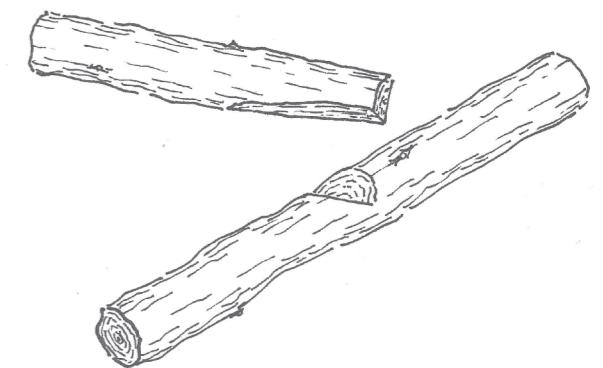
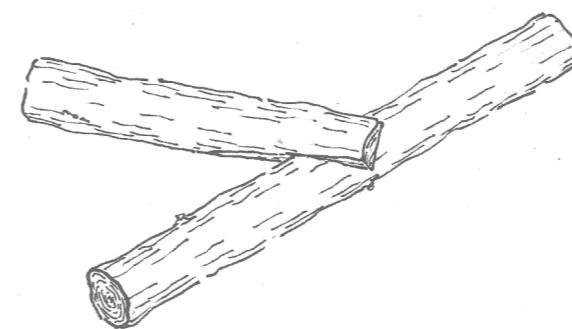
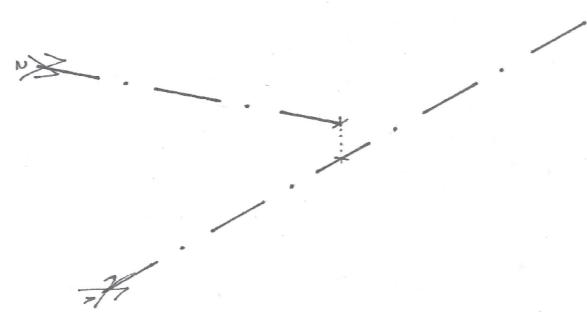
Lorsque les axes sont parallèles, il faut travailler avec les vues par bout. Sur les vues par bout, on trace les diamètres théoriques des sections. À partir de la rencontre des diamètres théoriques et en prenant en compte les variations potentielles, on peut déterminer des plans de coupe.

En prenant les perpendiculaires aux plans de coupe, on obtient des orientations selon lesquelles les plans ne deviennent pas des lignes mais sont, au contraire, vus à plat. Pour les coupes de long de ce type, on verra plus tard pourquoi on cherche à trouver les coupes à plat plutôt qu'à la verticale. Une fois que l'on a les orientations, on cherche les distances entre les plans de coupe et l'axe central. Pour cela, on trace des traits perpendiculaires aux plans de coupe et passant par l'axe central, puis on mesure les distances.

Pour les coupes ayant des profondeurs déterminées, comme pour la pièce du haut sur l'épure, on mesure la côte de profondeur par rapport au zéro défini par les traits tirés précédemment.

Pour chaque plan de coupe, on obtient donc une orientation, une distance à l'axe et éventuellement une côte de profondeur. Ces plans de coupe de long peuvent prendre fin sur n'importe quel plan quelconque.





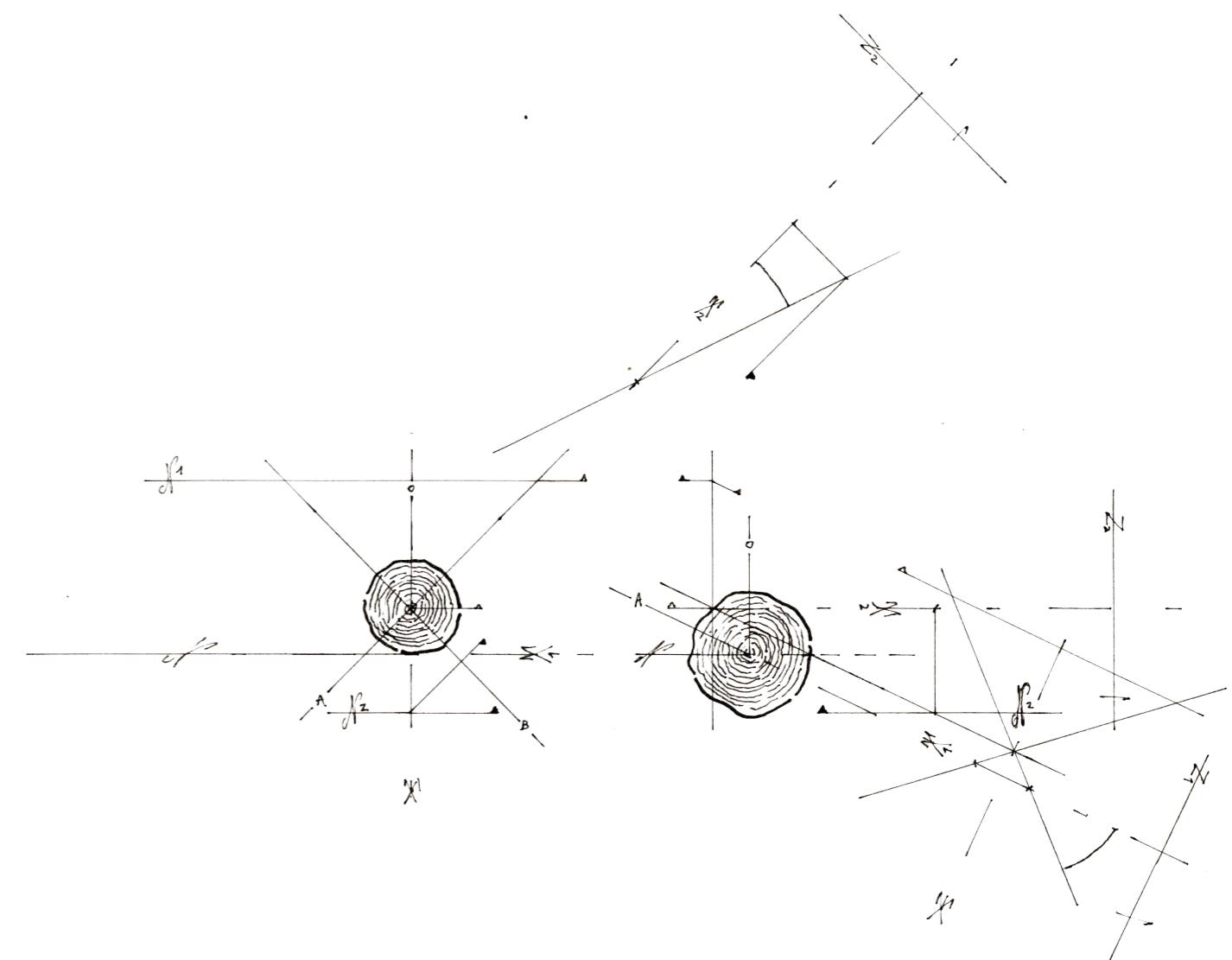
5 - Axes non-coplanaires

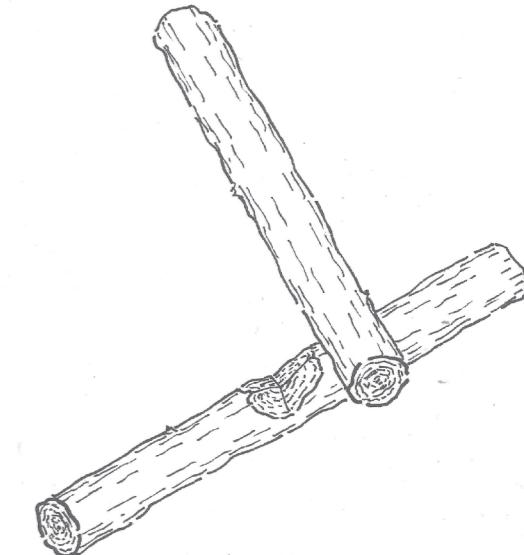
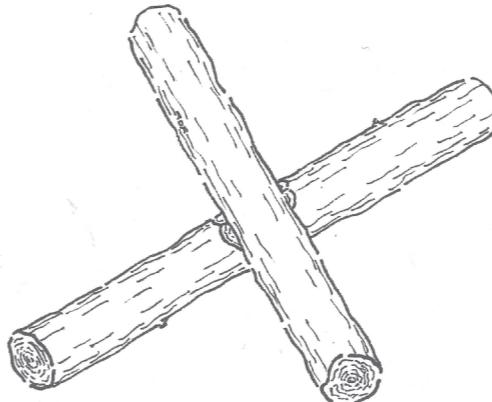
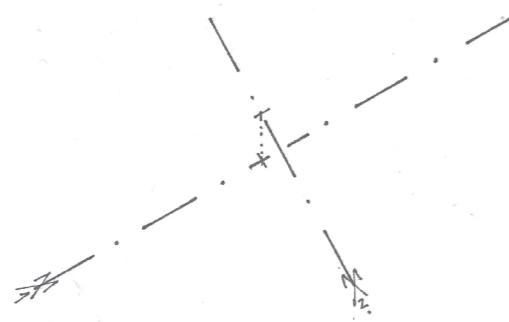
Proche de la deuxième situation, ici, les axes ne sont pas coplanaires. Les plans d'intersection forment un "V", comme dans la situation 2, mais doivent cette fois être disposés en biais dans l'espace pour assurer une connexion correcte entre les deux pièces.

Sur la vue en bout de la pièce 1, on détermine d'abord la ligne résultant de l'intersection des deux plans. À partir de cette ligne, on peut définir l'angle d'ouverture des deux plans. Ainsi, on obtient déjà l'orientation et les angles des deux plans de coupe pour la pièce 1.

Il faut ensuite reporter ces plans sur la vue en bout de la pièce 2 pour en déduire l'orientation correspondant à chaque plan. Une fois ces orientations définies, on peut déplier la pièce selon l'une d'entre elles et déterminer l'angle de coupe. L'angle de coupe correspondant à l'autre orientation sera symétrique.

Dans cet assemblage, une fois les pièces taillées, aucune référence n'est visible pour bien positionner l'une par rapport à l'autre. Il est donc nécessaire de tracer un axe sur la pièce 2 et de définir le plan de référence correspondant à cet axe sur la pièce 1. Ce plan de référence, étant quelconque dans l'espace par rapport à l'axe de la pièce 1, doit également être déterminé graphiquement. Cette étape n'est cependant pas illustrée sur le dessin ci-contre.



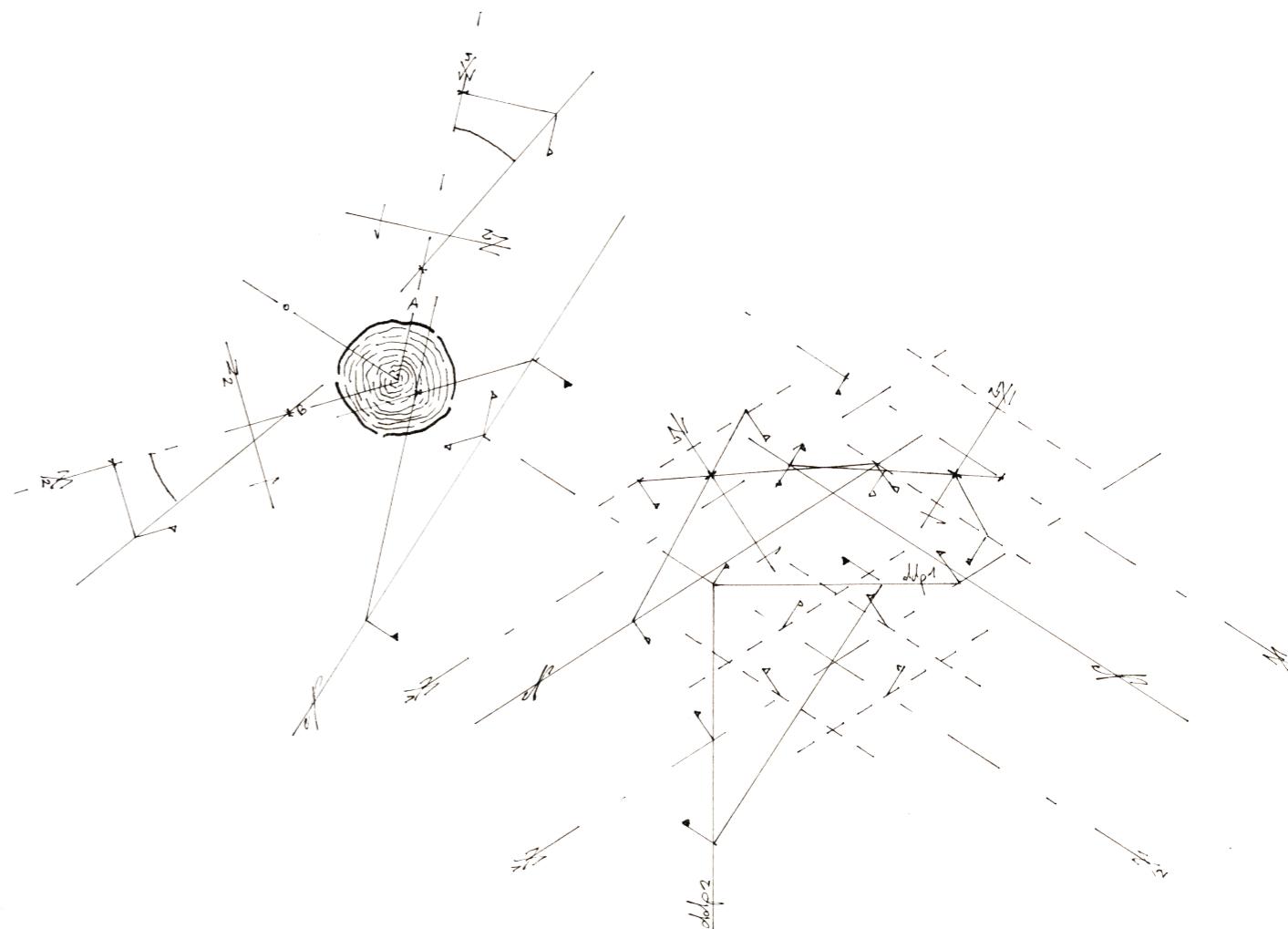


6 - Axes non-coplanaires

Pour gérer cette situation, on peut partir du cas précédent et ajouter une pièce de bois en continuité par rapport au demi-axe précédent. Cependant, dans le cas précédent, une pièce vient se poser sur une autre, mais ici, de la même manière que pour la situation où les axes se croisent sur le même plan, on cherche à obtenir un assemblage symétrique sans hiérarchie. Une pièce ne doit pas prendre le dessus sur l'autre et elles doivent être identiques. En gérant bien la position des plans de coupe, on arrive à un équilibre où cette exigence est atteinte.

On obtient un assemblage relativement simple constitué de quatre plans de coupe. Il suffit d'en déterminer deux pour ensuite obtenir les deux autres par symétrie, puis il n'y a qu'à les trouver pour une pièce et on arrive à la deuxième également par symétrie.

Ici aussi, commencer la réflexion par un plan de contact plat entre les deux axes aurait été une terrible erreur. De ce plan plat auraient découlé quatre plans pour échapper à l'irrégularité. Malheureusement, entre ces quatre plans, des zones d'interférence seraient apparues. Il aurait donc fallu rajouter encore quatre plans pour pallier ce problème. Dès lors, au lieu d'un assemblage en quatre plans, on l'aurait obtenu en neuf, sans même se rendre compte que les quatre plans rajoutés par contrainte en dernier lieu correspondent exactement à nos quatre plans de base, suffisants à eux-mêmes.



Tréteau en bois rond

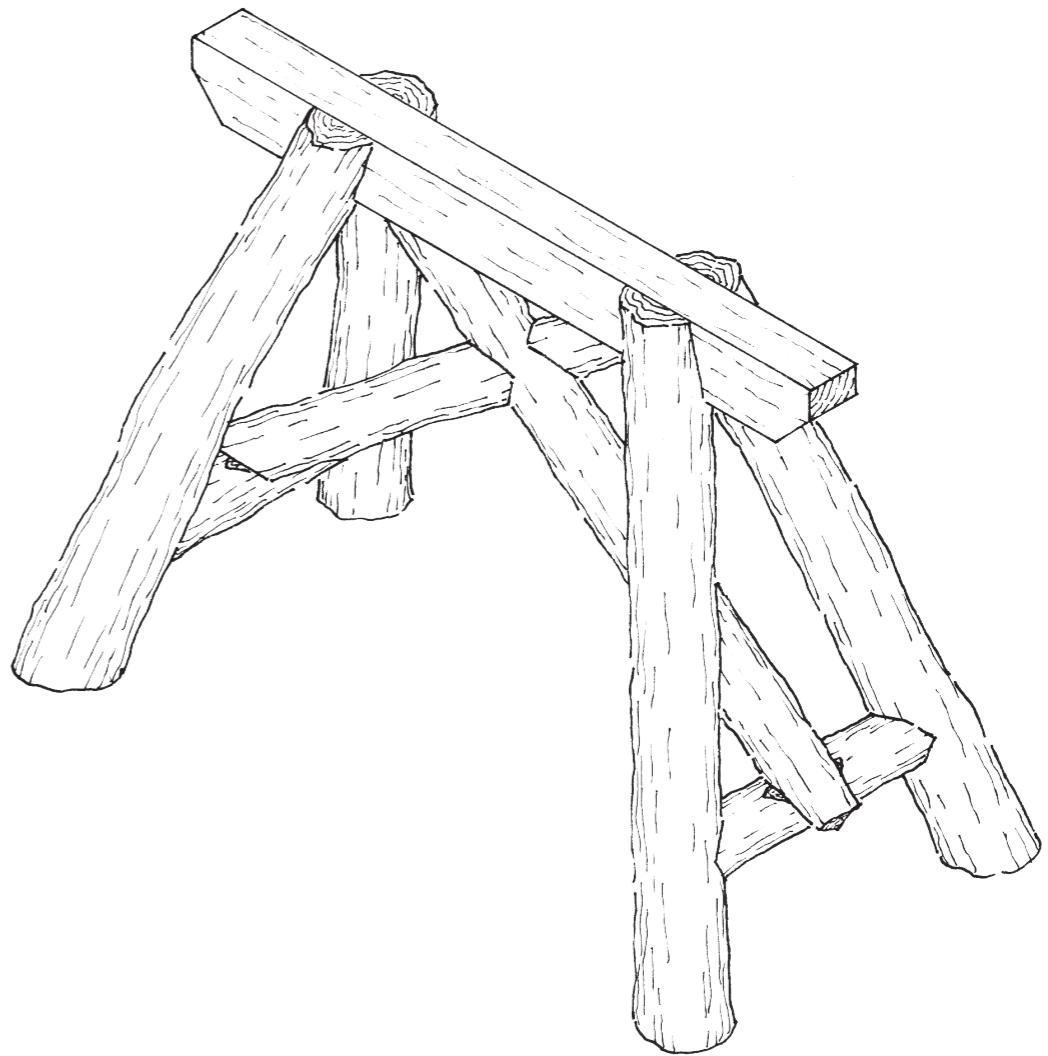
À partir de ces assemblages et tracés de base, on peut utiliser du bois rond dans le trait de charpente classique. Pour la démonstration, le tréteau à dévers est adapté au bois rond. C'est un exercice qui permet de réunir un bon nombre de situations et de difficultés. Une fois construit, les tréteaux trouvent une utilité. Ils ont donc un double rôle, à la fois de transmission de savoirs ainsi qu'élément de base d'atelier.

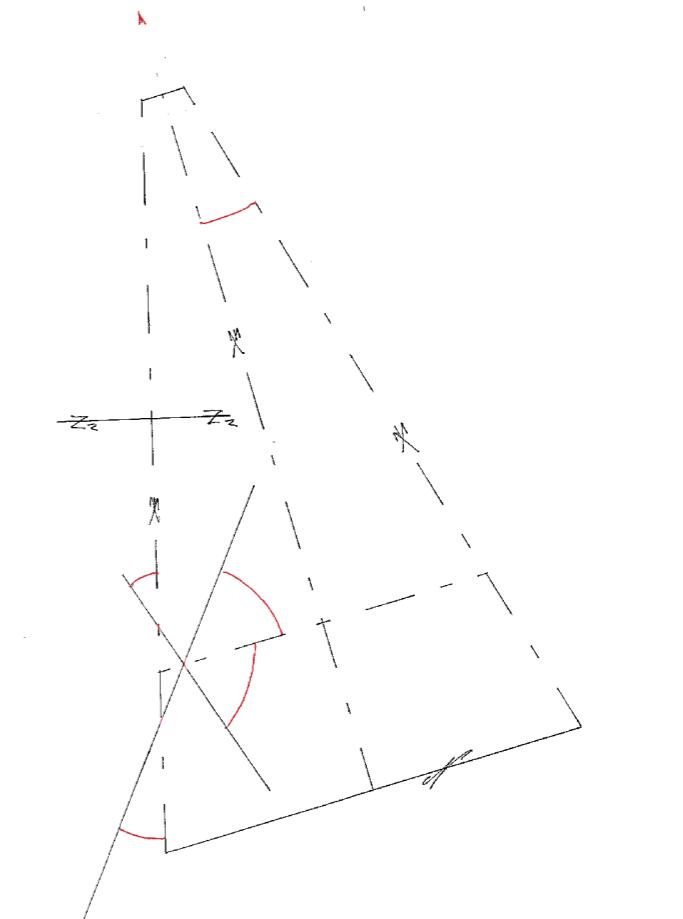
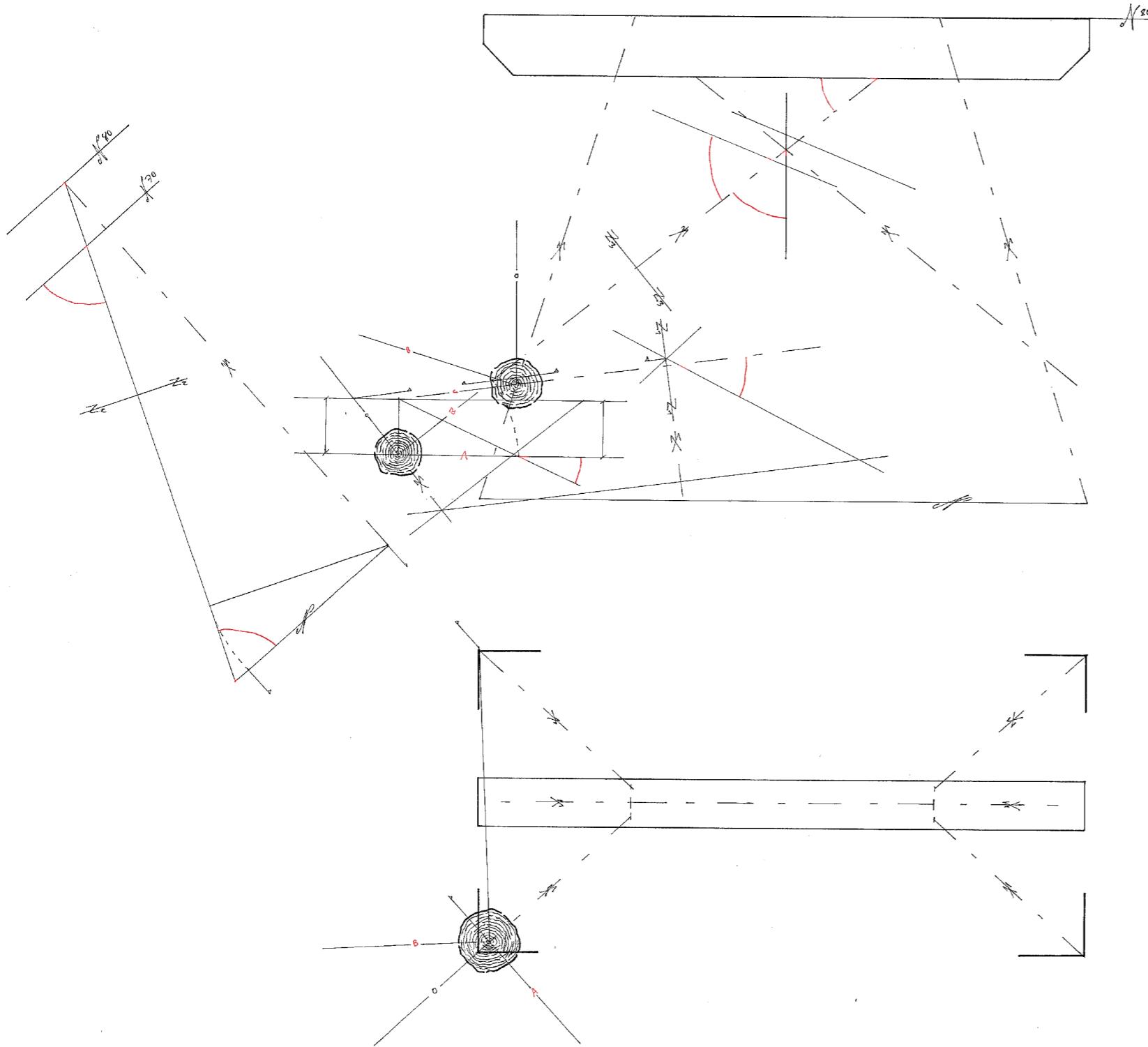
Avec du bois scié, la complexité du tréteau réside dans le fait que ses pieds sont à dévers. Dans l'espace, aucune de ses faces n'est orthogonale avec le sol. Les pieds doivent alors s'aligner soit sur le petit, soit sur le grand côté. Le bois rond se prête donc parfaitement à cet exercice car, pour rappel, le dévers est impossible en bois rond.

La structure du tréteau est donc construite en bois rond de faibles diamètres et la traverse reste en bois scié. De cette façon, l'exercice contient également une situation d'interaction entre du bois rond et scié. Introduire le bois rond n'exclut pas dogmatiquement l'utilisation de bois scié.

Pour trouver tous les angles de coupe, l'épure contient comme vues de base : le plan, ses deux élévations, l'élévation d'un des pieds et la herse du petit versant. À partir du tracé de la géométrie générale, on peut ensuite résoudre localement les assemblages selon les tracés des pages précédentes. On trouve sur le tréteau les situations 2-3-5 ainsi que les interactions avec le bois scié, le sol et le niveau horizontal final.

Ces bases géométriques d'assemblages ne prennent pas en compte la fixation. En l'état, il faut visser pour les maintenir. Ceci étant, à partir de cette base, des tenons, des chevilles, des retours ou des boulons pourraient être ajoutés.





Epure du tréteau en bois rond

Outils et processus



Projection de plan par faisceau laser

Outils et processsus

La stéréotomie des bois ronds s'inscrit dans un processus continu où la conception architecturale et la réalisation de l'ouvrage se rejoignent. Elle prend ses racines dans l'histoire et l'évolution des outils et des techniques. Elle place au centre de la réflexion la relation entre l'écosystème, le bois, l'humain et l'outil.

Dessiner

En partant d'une simple chute de bois comme règle et d'un morceau de corde quelconque comme compas, on peut dessiner en géométrie plane. Par la suite, on crée des outils facilitant le dessin : des règles graduées, des équerres, des compas, des rapporteurs. Sur les épures, on commence à articuler les vues et, petit à petit, on théorise la géométrie descriptive. Des outils numériques de modélisation dans l'espace apparaissent, permettant alors d'adapter les techniques de dessin à la main à l'ordinateur. Avec Cad Work ou Rhinocéros, dessiner des ouvrages complexes devient facilement accessible. Cependant, ces logiciels sont inadaptés au bois rond, car ils ont été conçus pour traiter des volumes parfaits. Si l'on part de ces logiciels pour appréhender le bois rond, il faut soit considérer le bois comme un cylindre, soit introduire prématièrement un arsenal technologique pour obtenir en 3D le volume exact des bois ronds.

Avec la stéréotomie des bois ronds, il faut donc dans un premier temps revenir au dessin à la main et au trait de charpente appliqués aux bois irréguliers (page 43). À partir de là, les bois ronds ne sont plus dessinés comme des volumes, mais comme des axes. De la même façon, les assemblages sont décrits comme des intersections de plans plutôt que comme des soustractions de volumes. Une fois ce travail effectué, la prochaine étape consistera à l'adapter sur Rhinocéros et à trouver un processus de travail propre au bois rond. De plus, avec l'extension Grasshopper, la résolution des assemblages pourra être facilitée. Ainsi, malgré le passage à des techniques digitales, tout ce qui y est fait aurait pu être tracé uniquement avec un crayon, un bout de bois et un morceau de corde. Notre travail repose donc sur des connaissances, des technologies et des outils universels et accessibles, sans être assujetti ni à une technologie spécifique ni à une entreprise.

Façonner

Pour tailler le bois en respectant ces mêmes principes, il n'est pas possible de s'abstraire de la problématique de l'irrégularité en admettant qu'un robot ou qu'une CNC s'en chargera. Partir de ce postulat, c'est accepter de dépendre totalement d'équipements coûtant plusieurs centaines de milliers d'euros. Le dessin d'épures peut s'appliquer et évoluer sur des outils numériques dès lors que les principes sont compris et maîtrisés sur papier. De la même façon, les outils numériques de façonnage ne peuvent pas constituer un point de départ. S'ils sont utilisés, ils doivent être un point d'évolution de la stéréotomie des bois ronds, où toutes les étapes préalables auront été traitées sur la base de technologies et d'outils universels et accessibles.

Dans l'évolution des outils de taille, on trouve comme base les haches et les scies. Au XIX^e siècle, les premières scies circulaires apparaissent en scierie pour débiter le bois. Elles sont petit à petit perfectionnées et sont aujourd'hui largement utilisées pour tailler précisément des assemblages. Les scies circulaires sont géométriquement composées d'une lame et d'un plateau. Ce dernier prend appui et devient coplanaire avec une des faces du bois. Ainsi, la lame coupe selon une référence plane commune à l'outil et au bois. Avec le bois rond, la scie circulaire devient obsolète.

Il faut donc repartir de la scie dans l'évolution des outils. Une autre voie d'évolution de la scie nous amène à la tronçonneuse, qui apparaît au XX^e siècle. C'est l'outil de prédilection du bûcheron ou du constructeur en fuste, tous deux travaillant à partir d'arbres. On peut donc utiliser cet outil pour tailler le bois rond. Contrairement à la scie circulaire, la tronçonneuse n'a pas de plateau de référence. Son problème réside alors dans son manque de précision.

Tout l'enjeu sera donc de trouver comment réussir à suivre, avec une tronçonneuse, un plan quelconque dans l'espace. Lors de la taille, la position de son guide et de sa chaîne doivent alors correspondre exactement aux plans de coupe que l'on a préalablement déterminés par le dessin.

Passer du dessin à la matière

À partir des épures, on a pour chaque plan de coupe une orientation, un angle et une distance par rapport à un plan de référence.

L'orientation (o)

Pour tracer des bois de sections rectangulaires, on les pose à plat sur leurs faces, ce qu'on pourrait définir comme leurs orientations 0° , 90° , 180° et -90° . Avec le bois rond, il faut brocher le bois comme sur un tour. La façon dont on le broche définit l'axe central de la pièce. Selon les variations du bois, on peut alors, au besoin, choisir de déaxer volontairement le bois. De cette manière, en fonction du bois, on peut positionner la pièce à tailler comme on le souhaite dans l'arbre. Une fois broché, on peut faire tourner le bois autour de son axe et l'orienter comme on le veut.

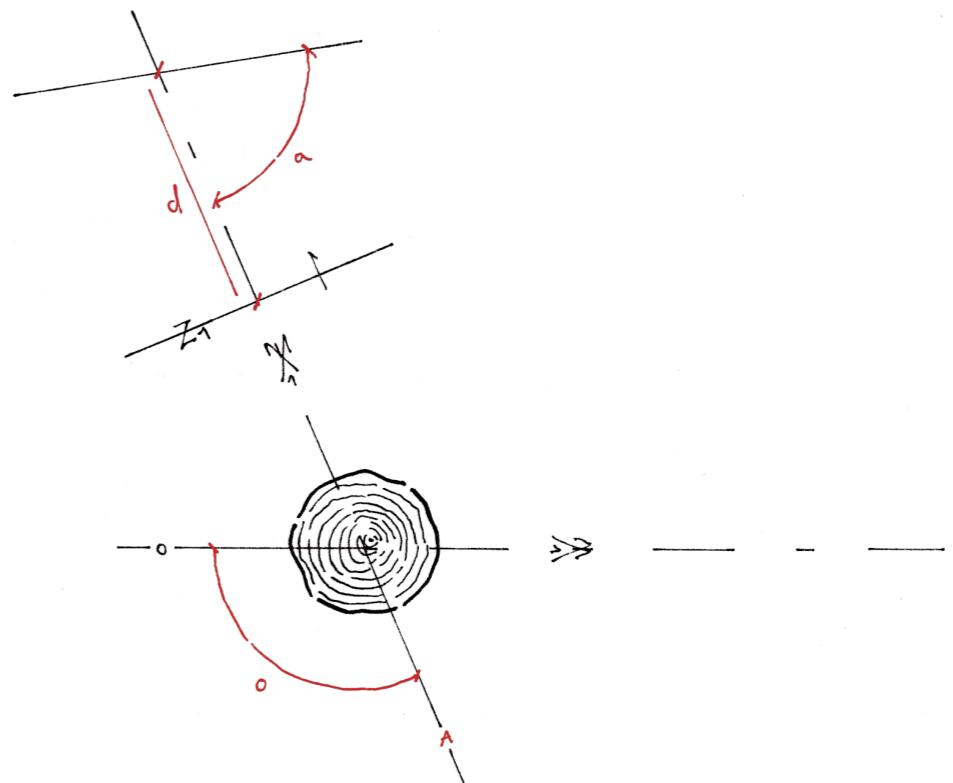
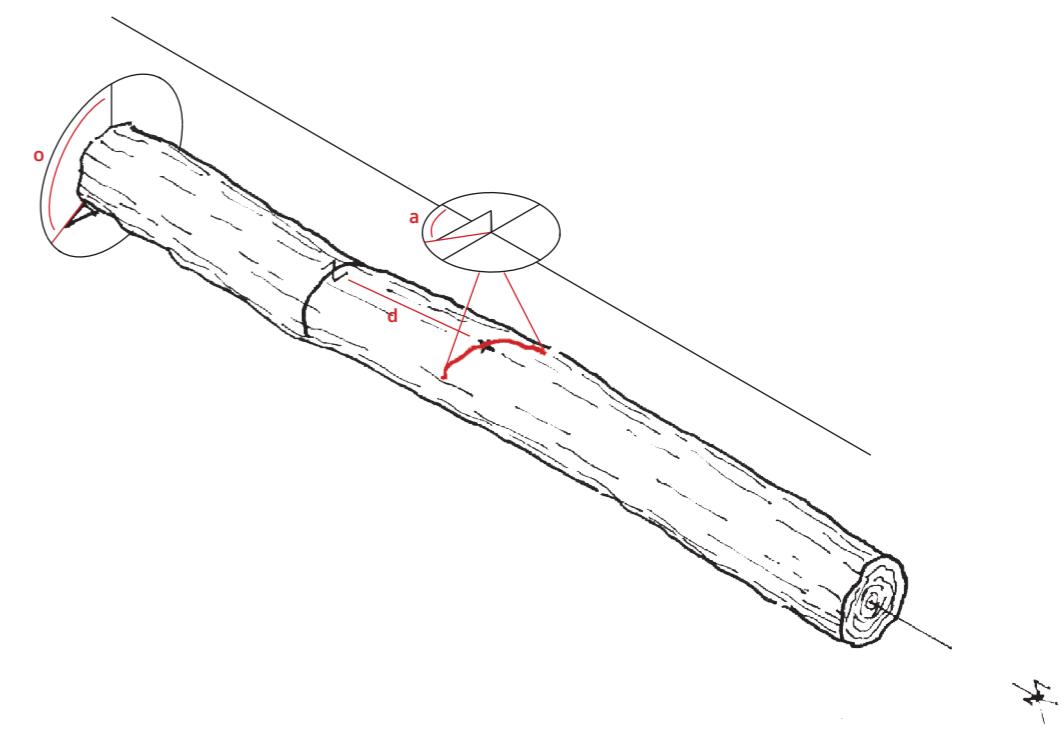
L'angle (a)

Pour projeter un angle, on ne peut utiliser ni fausse équerre ni rapporteur à cause des caractéristiques du bois rond. On va alors littéralement projeter le plan à l'aide d'un faisceau laser. Le faisceau peut être monté sur un rapporteur, et on peut alors régler notre angle. Ici, le plan de coupe, réduit à une ligne sur le dessin, devient un plan lumineux dans l'espace. Le faisceau épouse parfaitement l'irrégularité du bois rond.

La distance (d)

Les plans que l'on souhaite projeter peuvent intersecter l'axe du bois sur toute sa longueur. On doit alors être capable de translater le faisceau selon l'axe central. L'ensemble laser-rapporteur est donc embarqué sur un chariot qui peut se déplacer le long d'un rail parallèle à l'axe du bois.

Projection laser d'un plan de coupe déterminé par le dessin



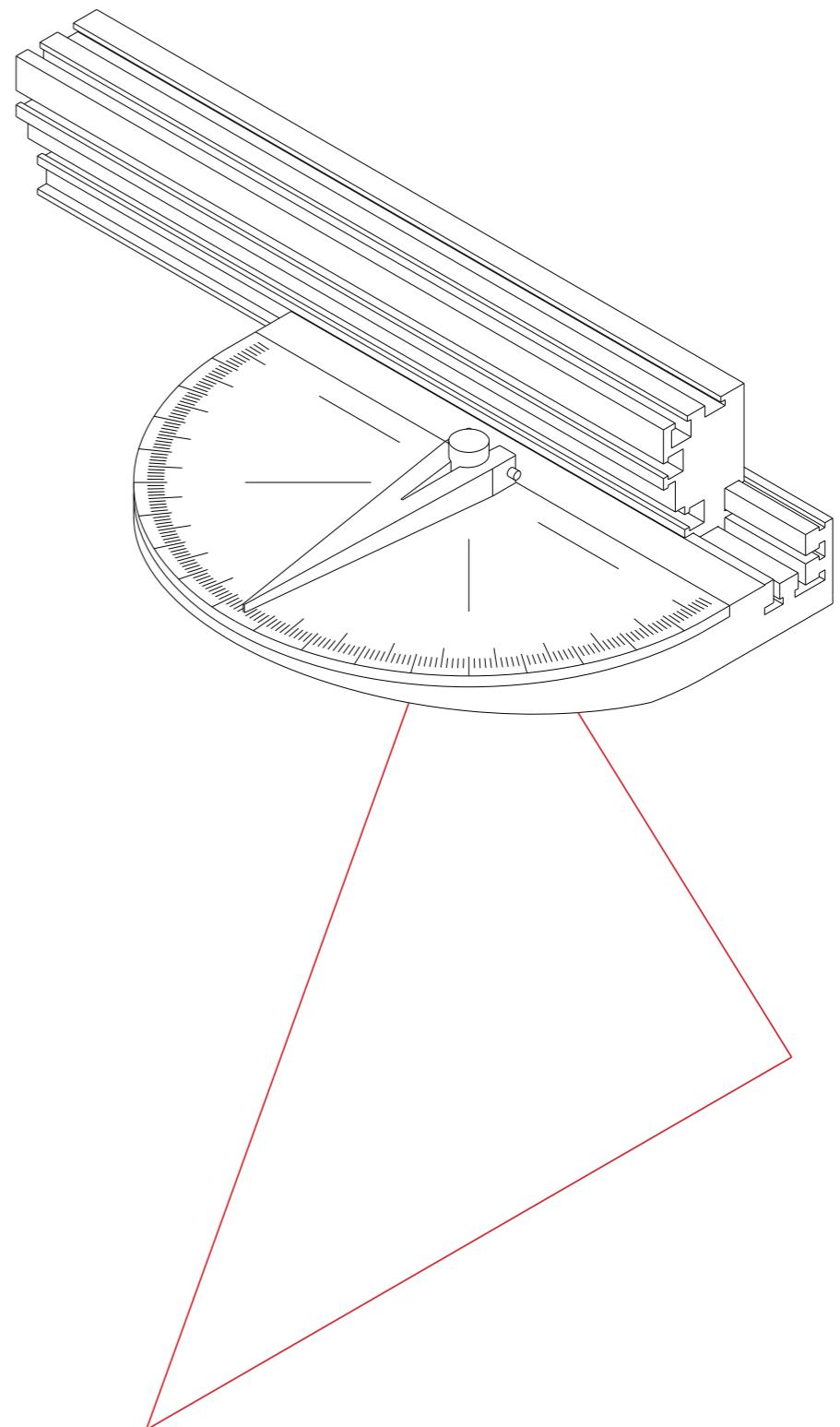
Outil 1 - Chariot laser

Une vieille technique de tailleur de pierre consiste à utiliser le soleil et la projection de l'ombre d'une arête pour en tailler une autre. Certaines scieries utilisent des niveaux laser pour régler l'emplacement de la coupe. Utiliser la lumière et l'optique pour visualiser un plan de coupe n'a donc rien de nouveau ; ce sont des moyens simples, intuitifs et largement accessibles. Pour moins de dix euros, on trouve des émetteurs de faisceau laser qui projettent des plans.

Pour pointer le laser vers le bas et pouvoir le faire pivoter sur son axe, on imprime en 3D une pièce à travers laquelle se place l'émetteur. Une autre pièce imprimée fait office de pointeur d'angle : elle se fixe au laser et indique son angle par rapport à un rapporteur intégré au chariot.

Maintenant que le laser est mis en place sur le chariot, il faut pouvoir le translater le long de l'axe du bois. On peut utiliser un rail quelconque et adapter l'impression 3D du chariot pour y correspondre. Ici, en guise de rail, on utilise un montant en aluminium provenant d'un meuble de récupération. Grâce à l'impression 3D, on crée alors, pour cinq euros, une pièce qui fait le lien entre le laser, le rapporteur et le rail.

Si les lasers n'étaient pas aussi accessibles, on aurait pu imaginer les remplacer par un système de miroirs qui capterait les rayons du soleil et les redirigerait vers le bas. On pourrait alors utiliser un rapporteur pour créer une ombre à l'angle souhaité. De la même façon, le chariot imprimé en 3D pourrait tout à fait être construit en bois.



Chariot laser sur rail

Tracer les plans de coupe

Une fois le chariot laser en place au-dessus du bois rond broché sur son axe, on peut commencer à projeter les différents plans de coupe.

Pour cela, on débute par tracer le plan de référence à 90° sur toute la circonference du bois. C'est depuis cette ligne que l'on tirera systématiquement les distances auxquelles les plans de coupe intersectent l'axe. Sur les dessins, ce plan de référence est identifié par le symbole Z et par une flèche qui indique dans quelle direction sont mesurées les distances. Sur le bois rond en place, les distances négatives vont vers le pointeur d'orientation, ici à gauche. Par conséquent, les distances positives sont vers la droite du plan de référence.

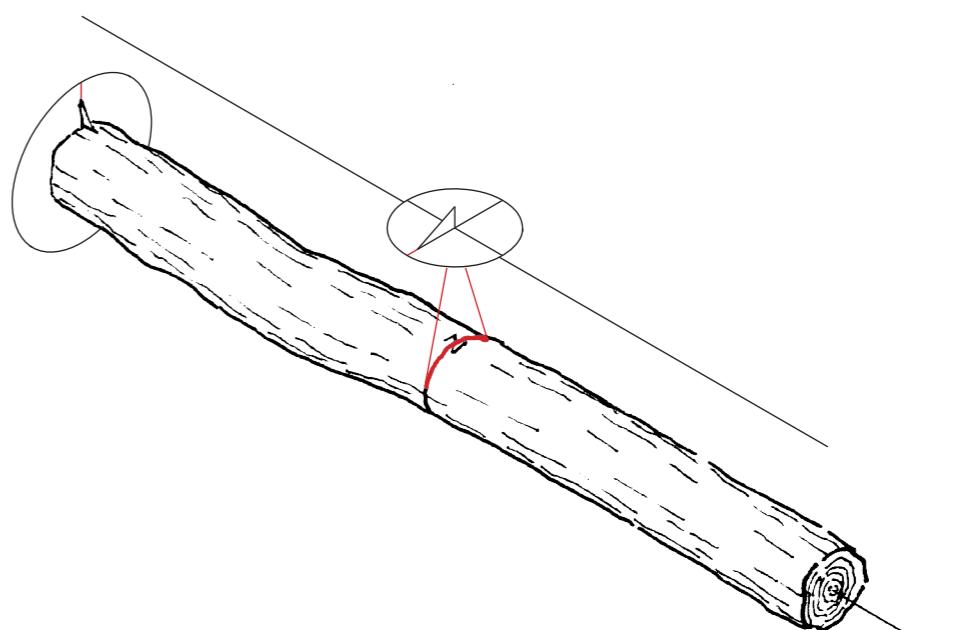
On peut ensuite chercher le premier plan de coupe. Pour l'exemple, on prendra comme données une orientation (o) à $+90^\circ$, une distance (d) de $+100$ cm et un angle (a) de 60° G.

On commence par faire tourner le bois sur son axe jusqu'à ce que son pointeur arrive à 90° . La position du pointeur sur le bois définit son orientation zéro. Par rapport à la graduation zéro, on tourne donc dans le sens antihoraire. Ainsi, relativement au pointeur, la pièce de bois est bien orientée selon $+90^\circ$ dans le sens horaire.

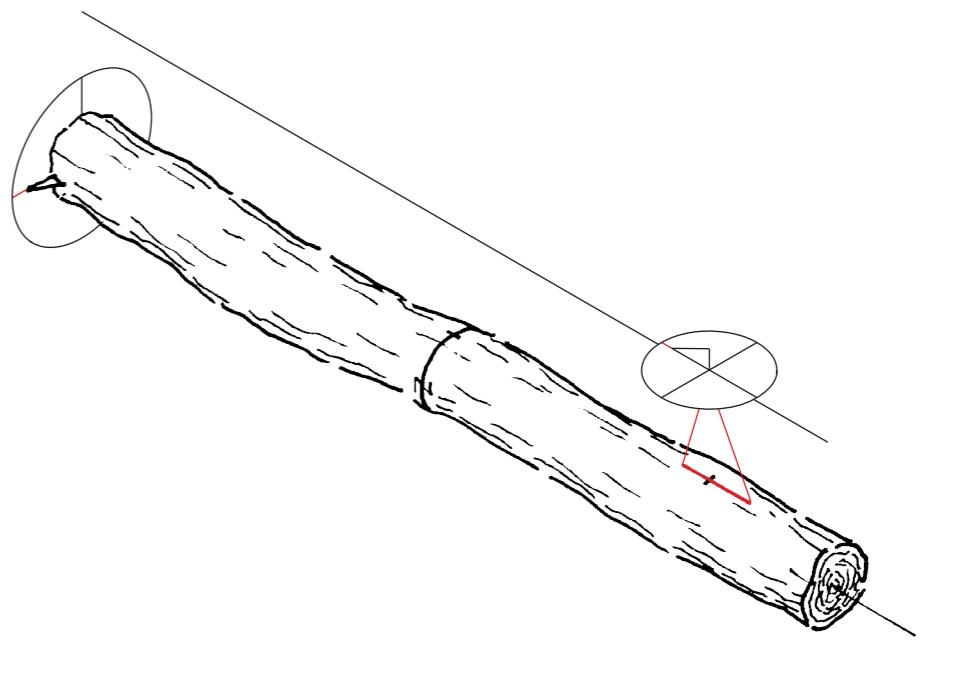
Depuis sa juste orientation, on peut alors utiliser le laser en position 0° de telle sorte qu'il révèle l'axe du bois sur sa face supérieure. À partir de la ligne de référence et en suivant cet axe, on peut tirer la distance souhaitée. On la marque alors d'une croix. Grâce au laser en position 0° , on est assuré d'être parfaitement au-dessus de l'axe.

Etapes pour tracer les plans de coupes sur le bois

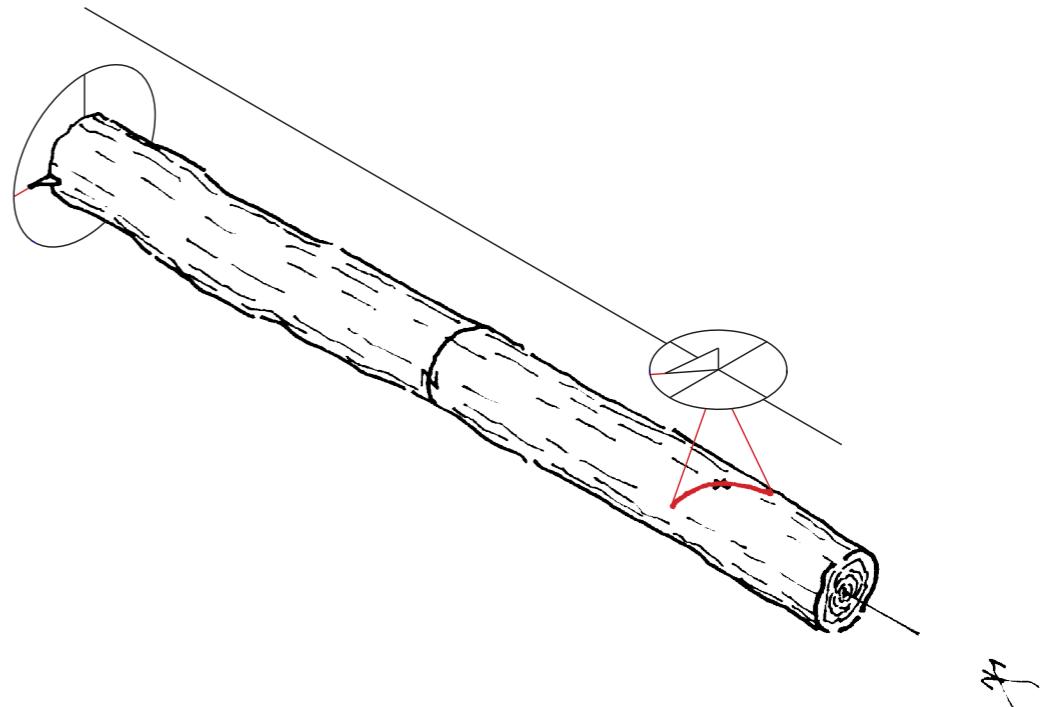
1 - Plan de référence



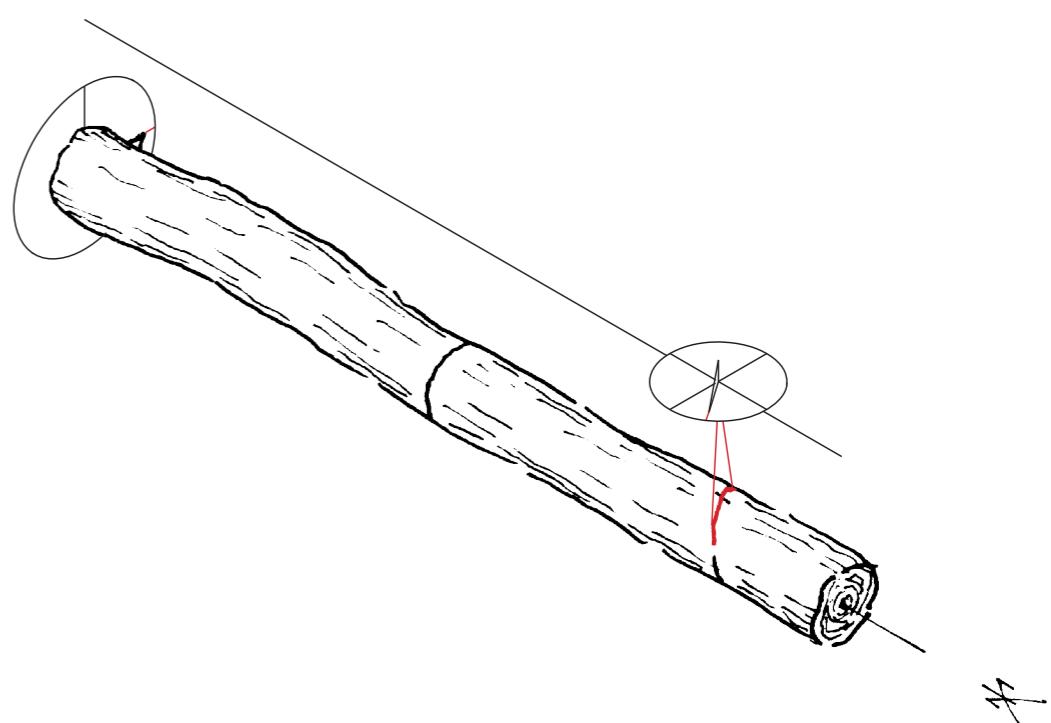
2 - Orientation et distance



3 - Premier marquage d'un plan



4 - Deuxième marquage du plan

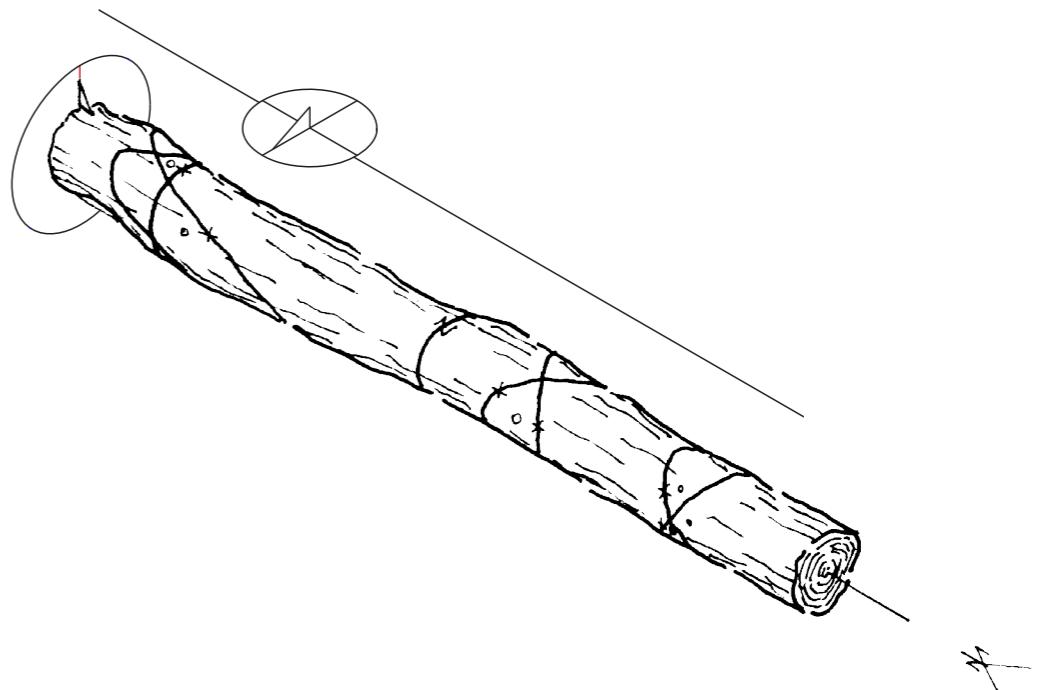


On peut alors régler l'angle et déplacer le chariot pour aligner la projection sur la croix. Le faisceau correspond alors parfaitement au plan de coupe aux coordonnées (o: +90, d: +100, a: 60G). Avec un crayon, on peut tracer la coupe en suivant le laser.

La projection venant du dessus, seule la moitié de la section peut être tracée. Si l'on souhaite obtenir également la trace de l'autre côté de la pièce, il faut projeter ce même plan depuis le dessous. On tourne alors le bois de 180° . Ici, on place le bois sous son orientation -90° . La distance de $+100$ reste la même, mais l'angle change : il est symétrisé par rapport à l'axe central. De $60G$, il passe alors à $60D$.

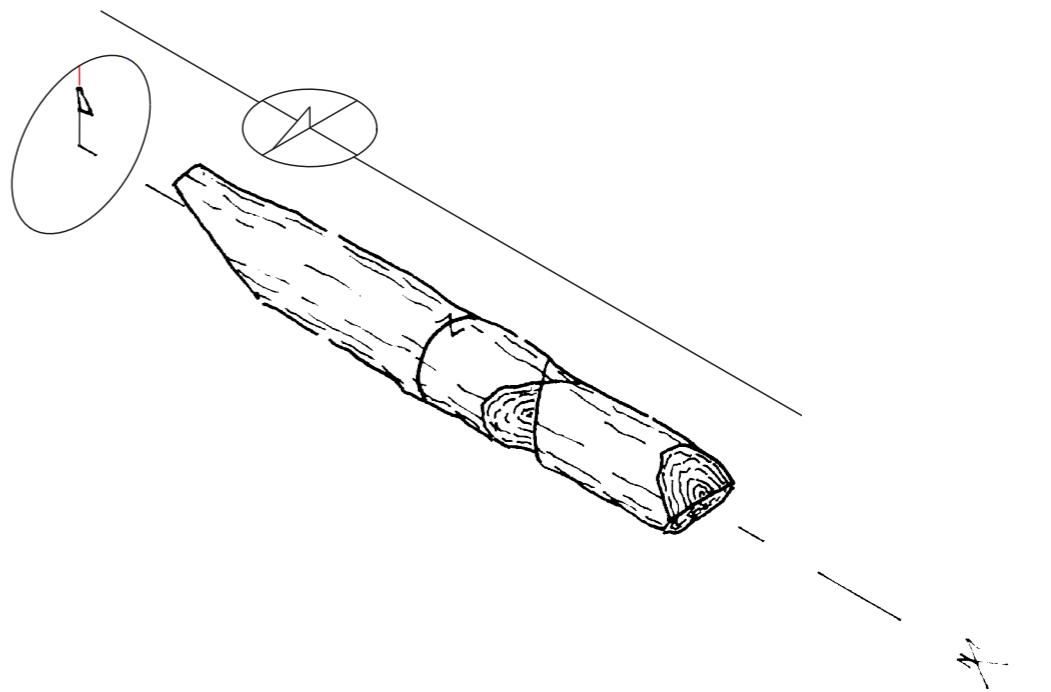
En traçant selon cette deuxième projection, on obtient un tracé complet sur toute la circonference du bois.

5 - Marquage de tous les plans



De cette façon, tous les plans de coupe peuvent être tracés sur le bois.
En suivant les bonnes intersections de plans, la pièce à façonner apparaît dans le bois. On pourrait alors la retirer de la broche et la tailler ailleurs. On peut aussi imaginer tailler le bois directement sur place.

6 - Découpe selon les plans



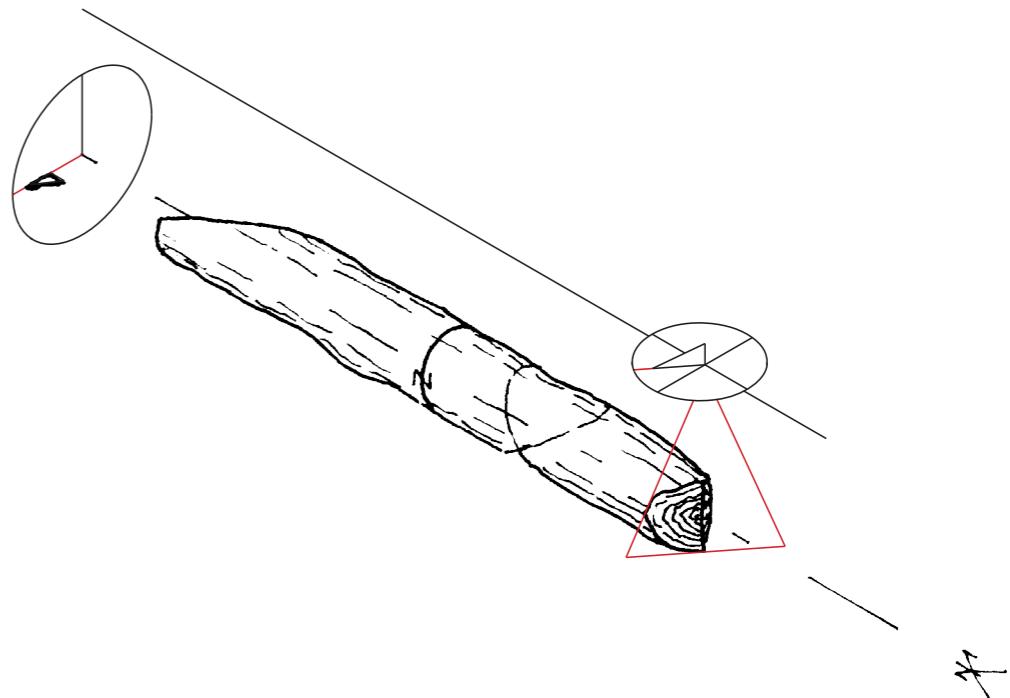
Symétrie

On a souvent besoin de faire des pièces symétriques. Par exemple, pour le tréteau, sur les quatre pieds, deux sont identiques et les deux autres sont symétriques.

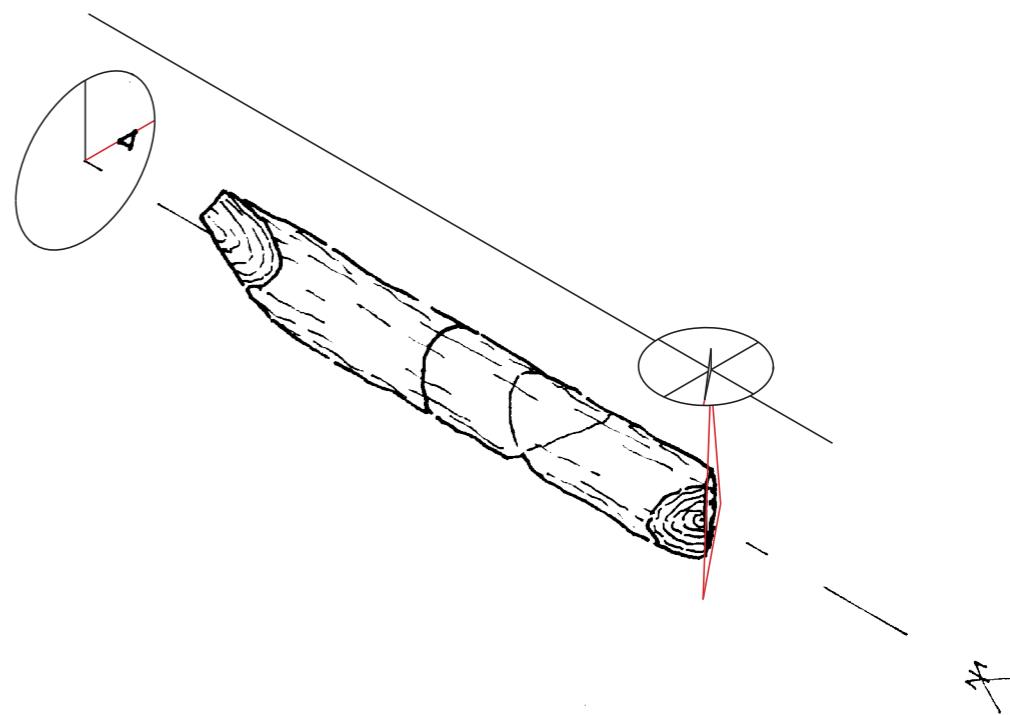
Pour tailler une pièce symétriquement à une autre, il faut modifier les données des plans de coupe. Pour chaque coupe la modification à apporter est la suivante: de (o, d, aG) , on passe à $(-o, d, aD)$.

Les orientations et les angles sont symétrisés par rapport à un plan vertical et les distances restent les mêmes.

1 - Pièce d'origine



2 - Pièce symétrisée

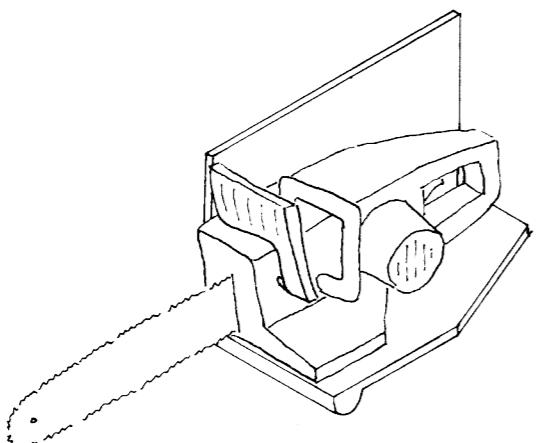


Outil 2 - Tronçonneuse sur équerre

Tailler le bois rond selon les outils

Pour tailler directement sur place, on peut suivre le laser avec une scie ou une tronçonneuse. L'alignement visuel avec l'angle est relativement facile. Étant donné que la projection se fait sur une surface courbe, la trace qui y apparaît donne à la fois l'angle vu de dessus et la verticalité de la coupe. Ainsi, au fur et à mesure que l'on descend dans la coupe, on ne risque pas de dévier.

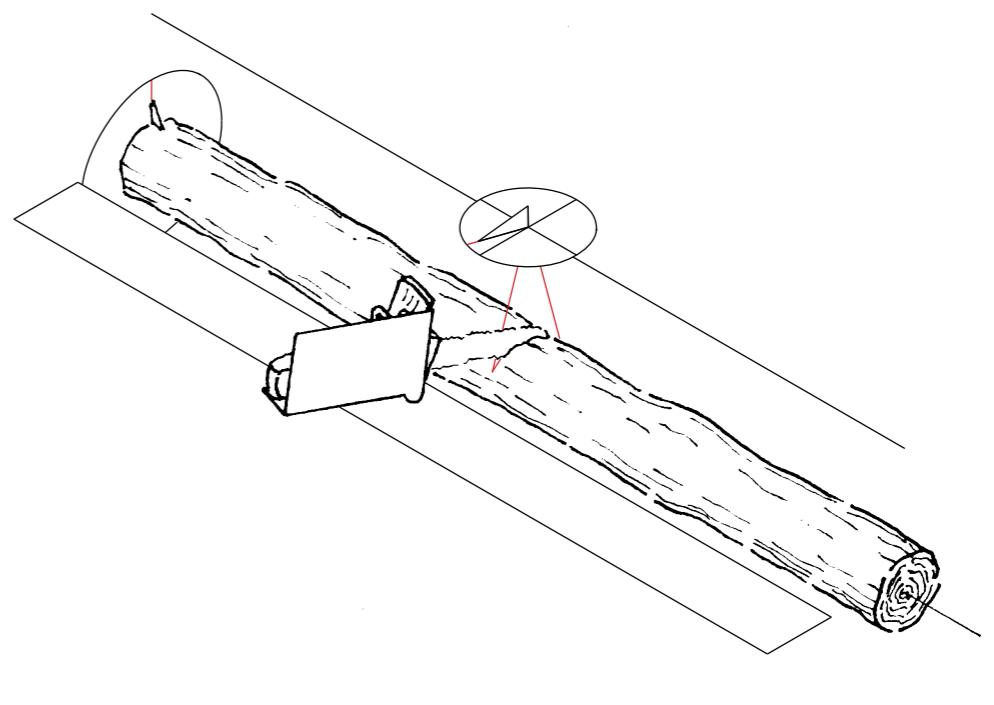
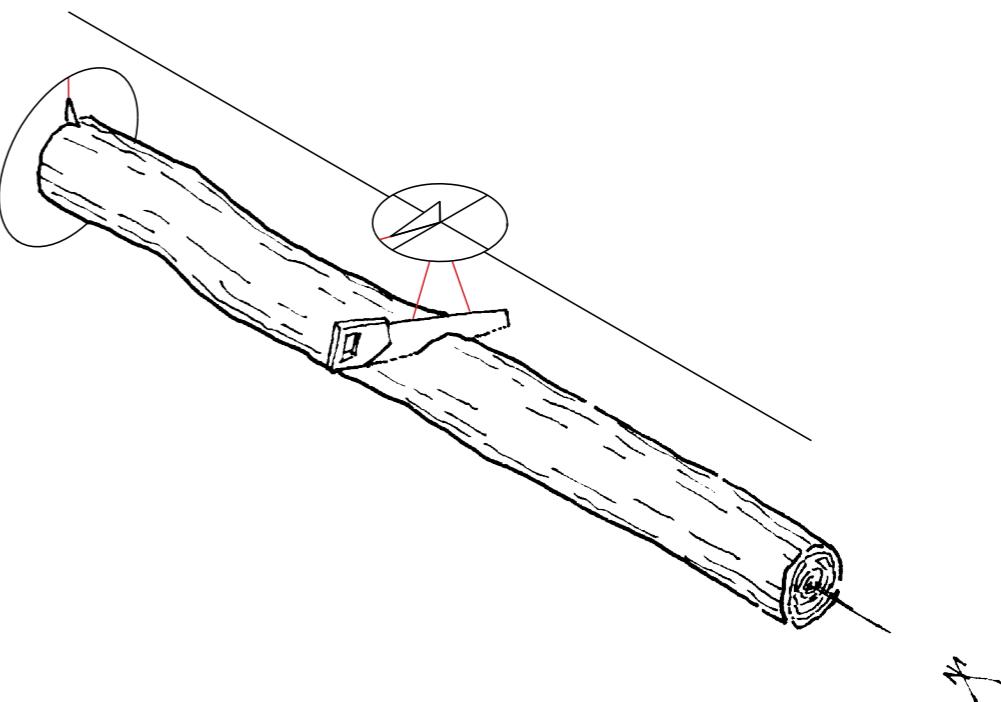
Cependant, avec la tronçonneuse, qui est moins facile à manier qu'une scie à main, on risque rapidement de perdre en précision. La tronçonneuse est donc montée sur une équerre en bois, et un demi-cylindre est ajouté comme charnière.



Pour la stabiliser, on peut appuyer la tronçonneuse sur une surface plane adjacente au bois. Grâce au demi-cylindre, on peut ensuite faire descendre le guide et la chaîne en les faisant pivoter par rapport à l'axe horizontal du cylindre. De cette façon, la tronçonneuse est stable et reste d'aplomb.

Lorsque l'on taille sur place, l'étape préalable de retracer les plans au crayon n'est pas forcément nécessaire. On peut suivre directement le laser.

Sur la tronçonneuse, en ne contraignant qu'un seul degré de liberté, on reste libre et en contrôle de son outil. Si l'on avait contraint tous les degrés de liberté et qu'il suffisait juste d'appuyer sur le bouton pour que la tronçonneuse travaille seule, alors ce ne serait plus un outil, mais une machine. L'humain n'aurait alors aucune valeur à ajouter, et il deviendrait lui aussi une machine : un opérateur interchangeable.



Coupes de long

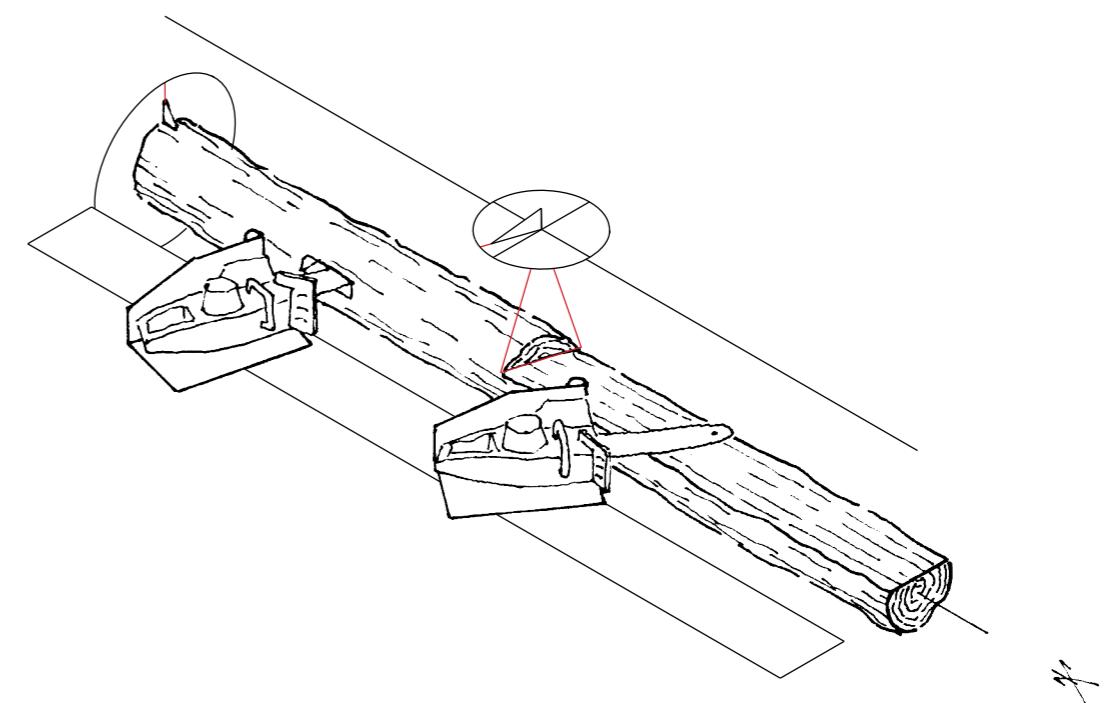
L'autre face de l'équerre sur laquelle est montée la tronçonneuse permet de mettre le guide à l'horizontale et de faire des coupes dans la longueur des fibres du bois.

Il faut alors déterminer ces coupes selon l'orientation (o) perpendiculaire à la coupe. On cherche ensuite à savoir la hauteur (h) de la coupe par rapport à l'axe. Dans la situation ci-contre, la coupe n'a pas de profondeur (p); si elle en avait une, on la déterminerait par rapport au plan vertical passant par l'axe.

Les données de la coupe seraient alors notées (o, h, p). Ce type de coupe peut débuter ou s'interrompre en intersectant un autre plan de coupe.

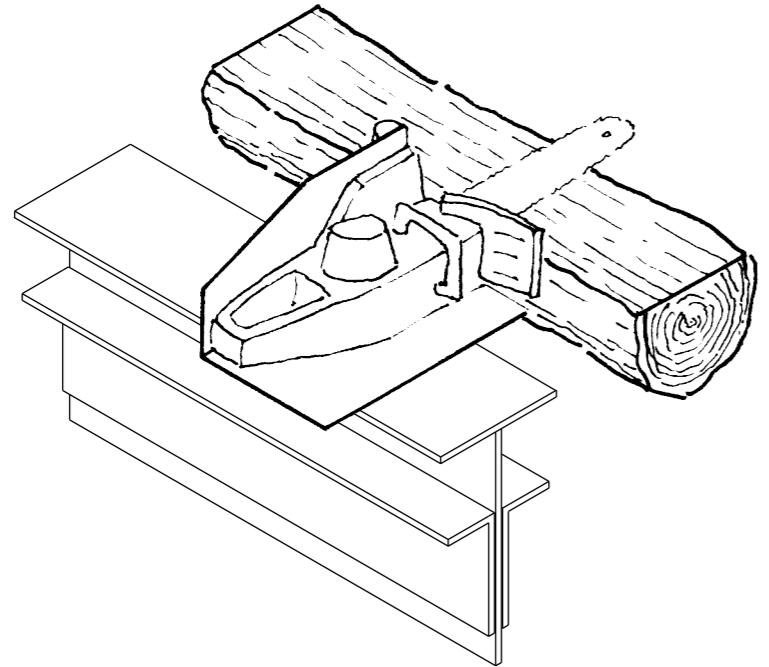
La tronçonneuse à plat s'utilise aussi pour créer des mortaises, des rainures ou des percements dans le bois. En attaquant le bois presque perpendiculairement, on peut le creuser ou le traverser de part en part. Pour des mortaises, il faut néanmoins s'aider d'une perceuse et d'un ébauchoir pour couper les fibres perpendiculairement.

À la manière de la tronçonneuse sur équerre, on pourrait s'imaginer ajouter des plans de référence aussi sur une mortaiseuse ou une perceuse pour augmenter les possibilités de taille



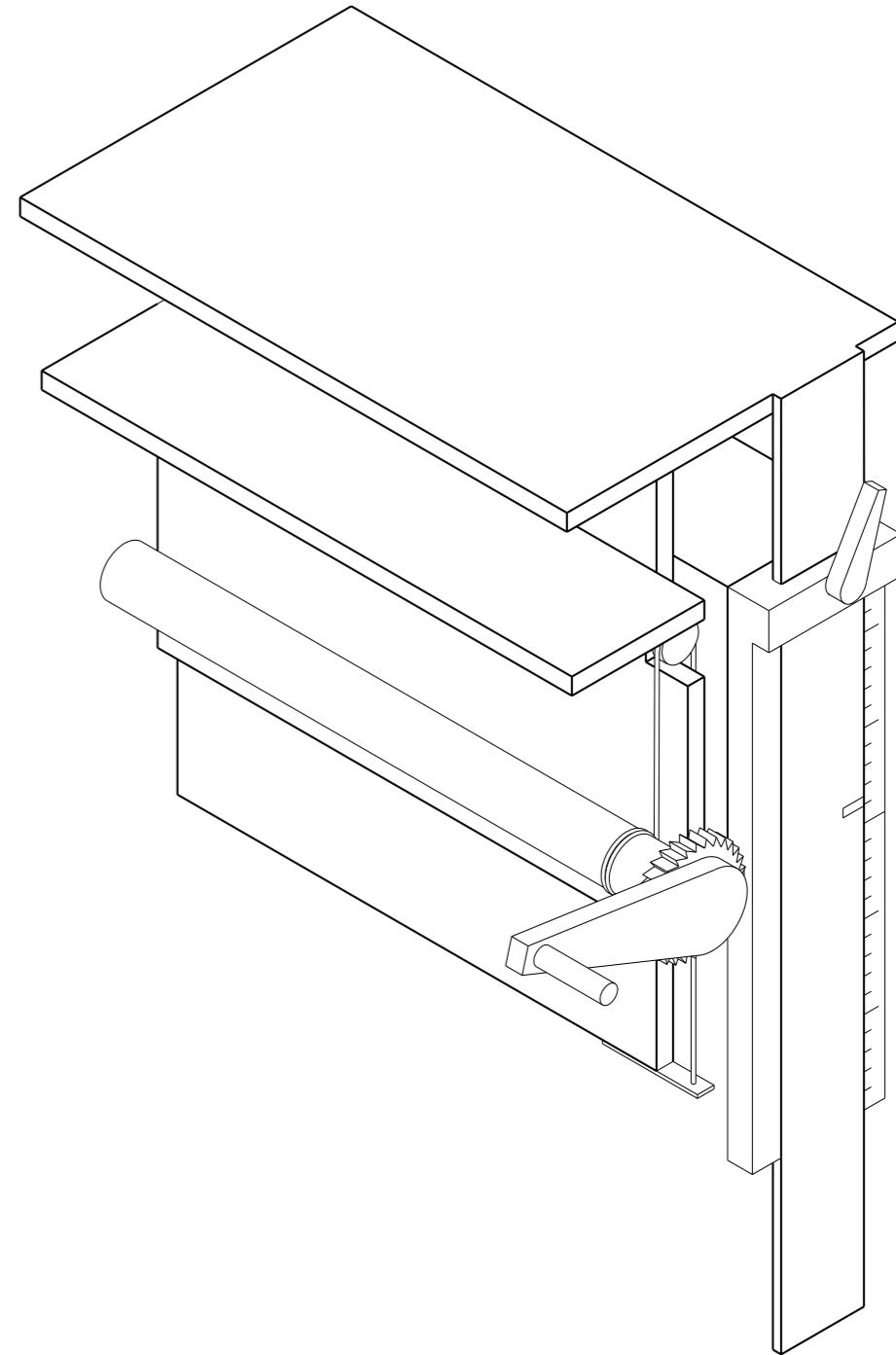
Outil 3 - Plateau réglable

Tous ces outils auxquels on ajoute des faces de référence dépendent de l'ajout d'un plateau plat à hauteur ajustable.



Parallèlement à l'axe, une poutre en T (faite de panneaux de bois quelconques) est alors insérée entre deux poutres en L. L'âme du T est guidée verticalement entre les deux L. Des câbles sont attachés aux extrémités basses de l'âme de la section en T. Des poulies renvoient les câbles sur les deux bouts d'un tube horizontal. Une manivelle accompagnée d'une roue crantée permet de faire tourner le tube sur lui-même. Les deux câbles s'enroulent alors autour du tube et la poutre en T monte.

Bien que guidée verticalement par les poutres en L, pour que le plateau soit bien horizontal, on ajoute des bêquilles de part et d'autre. Ces éléments sont bloqués latéralement et ils permettent alors d'empêcher le plateau de déverser. Les bêquilles permettent également d'indiquer la hauteur de la chaîne de la tronçonneuse par rapport à l'axe central. En plus de la roue crantée, des vis de serrage sont ajoutées pour bloquer et sécuriser le plateau à la bonne hauteur.



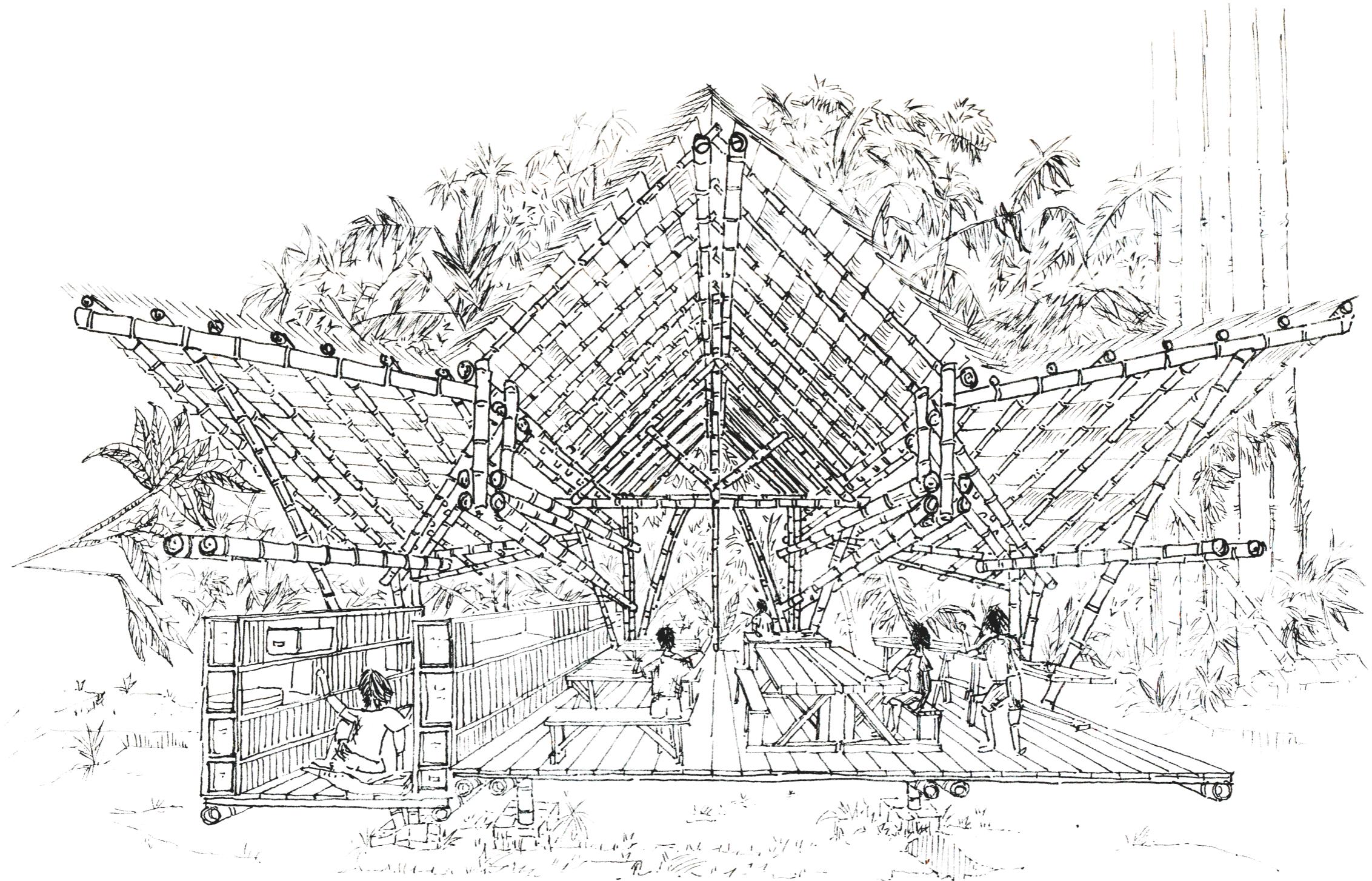
Système de réglage du plateau

Construire en bois ronds



Prototype de charpente continue, IBOIS
avec A. Billotte, A. Barail, D. Deschenaux, O. Lallier, M. Thorez, D. Warfel

Construire en bambous



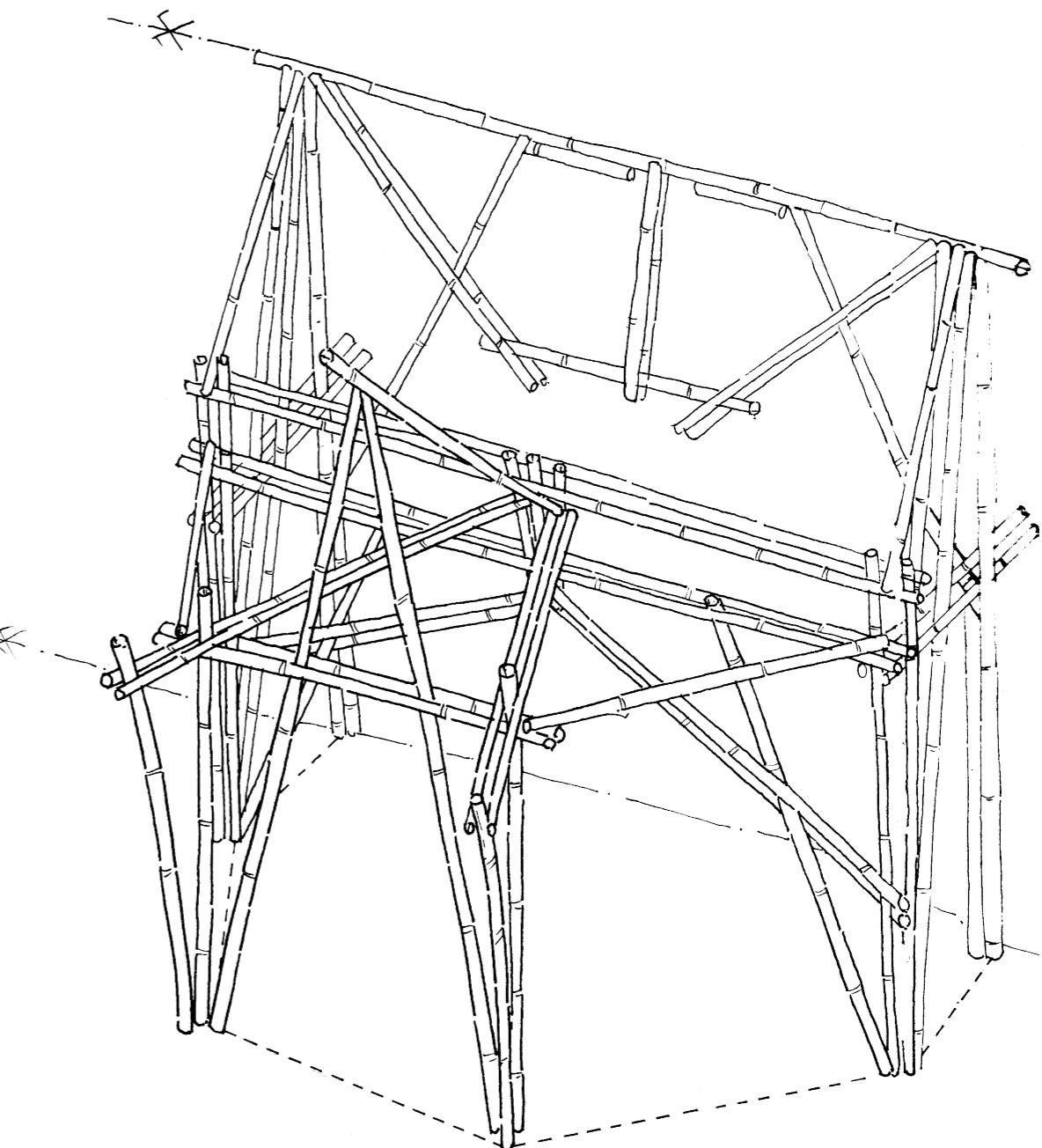
Perspective d'une salle de classe / bibliothèque en bambous
avec Aglaë Ratsimba

Cette salle de classe et bibliothèque a été construite en 2022 sur l'île de Nosy Komba à Madagascar. Dans un contexte insulaire, il faut construire au maximum avec les ressources présentes sur place. Des bambous géants poussent à Nosy Komba, leurs diamètres peuvent atteindre 30 cm. Ces plantes sont à la limite entre la famille des arbres et celle des herbes. Peut-on alors considérer que construire en bambou, c'est construire en bois rond ?

En ne considérant que la similarité des volumes, on pourrait vite être tenté de faire ce raccourci. Ce serait alors risquer de retomber sur l'erreur originelle des ingénieurs du XIXe siècle : l'élimination d'abord du facteur vivant du bois et, par conséquent, celle du facteur humain, de celui qui comprend la matière. Si construire en bambou est la même chose qu'avec du bois rond, alors par extension, construire en tubes métalliques revient également au même.

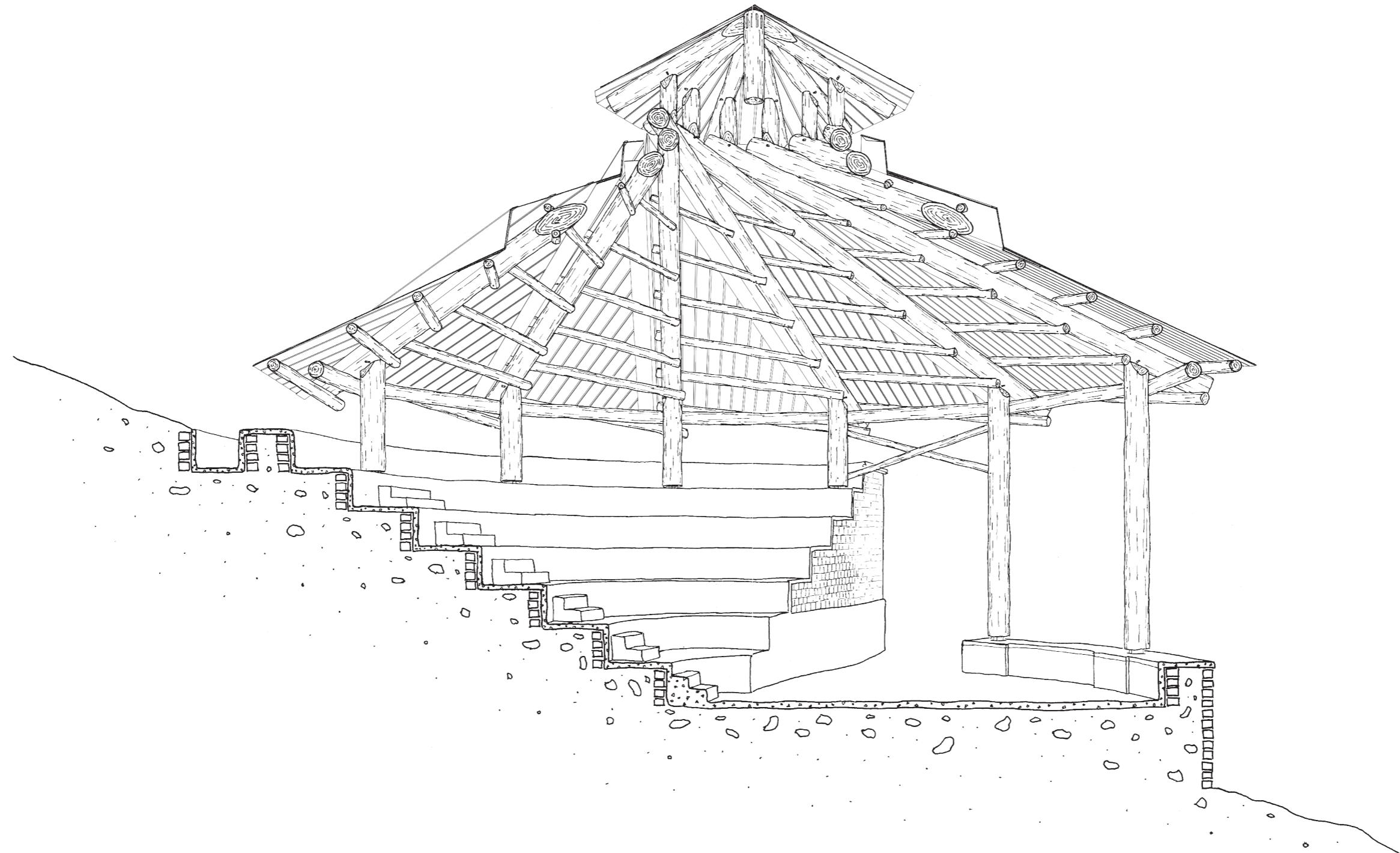
Le bambou est constitué d'un enchaînement de cellules creuses. Tailler le bambou, c'est le fragiliser considérablement. Les assemblages propres au bois ne sont donc pas applicables. Il vaut mieux utiliser le bambou tel qu'il est, sans l'altérer. Les pièces sont alors assemblées par des moissonnements et des entailles. La fragilité des cellules impose de positionner les assemblages près des nœuds. De plus, la ressource est limitée, il faut composer avec des éléments aux dimensions, diamètres, courbures, fissures et aspects variables. Contrairement au bois, on ne peut donc pas dessiner et déterminer à l'avance les points de connexion.

Sur le chantier de la construction, pour Payot, chef de chantier, ce n'est pas lui ou l'architecte qui prend les décisions : «*c'est le bambou qui décide*». Ici, les dessins ont alors un rôle de guide général plutôt que celui de plans à respecter scrupuleusement.



Axonométrie générale de la moitié de la structure
par Aglaë Ratsimba

Structures squelettes



Perspective d'une salle commune en bois rond

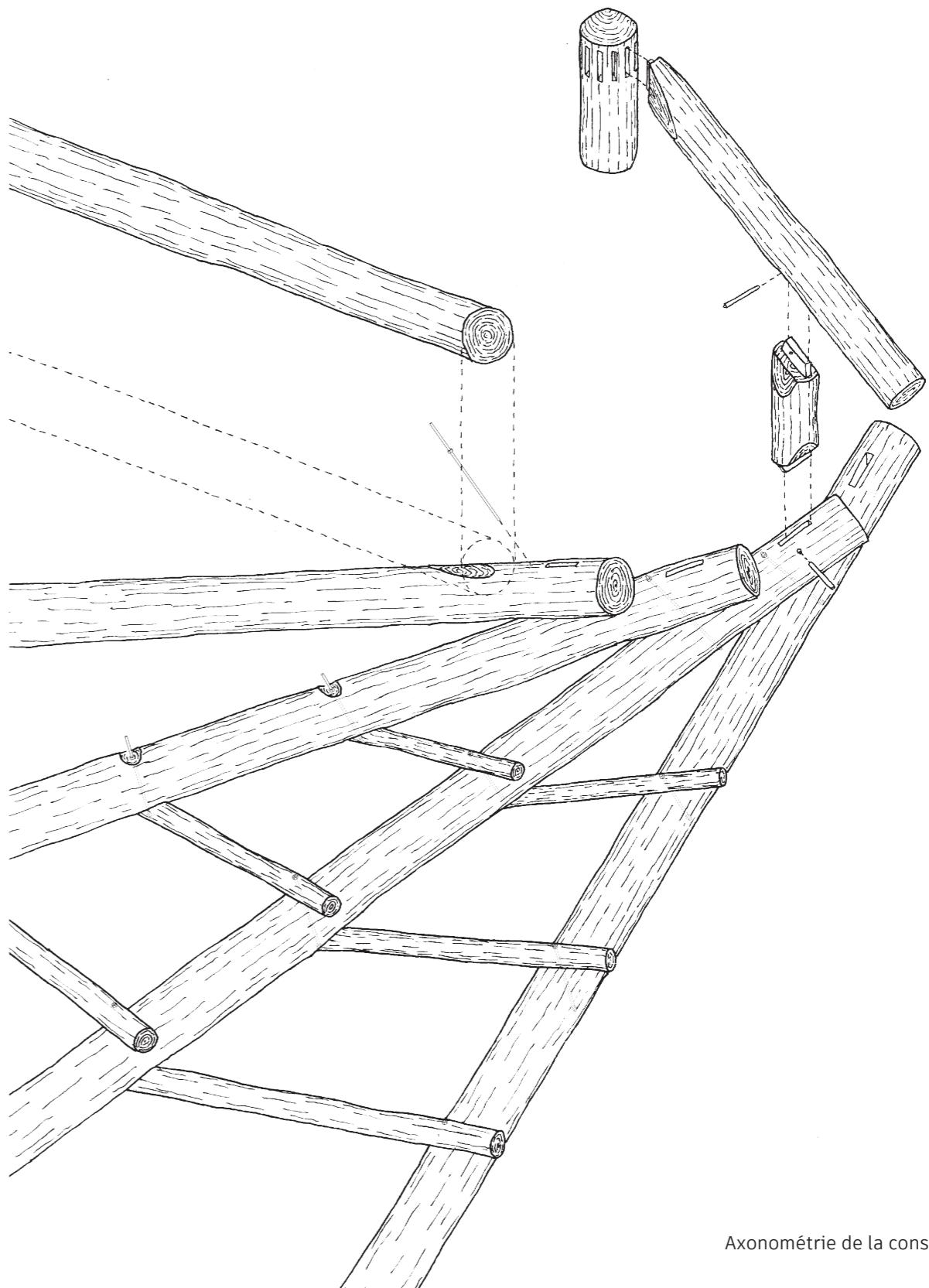
Ici, ce n'est pas le bambou mais le bois qui décide. Heureusement, le bois est bien moins compliqué et exigeant que le bambou. Dès lors qu'il est relativement rectiligne, il nous laisse volontiers une bonne part des décisions et il se laisse tailler très docilement.

On peut alors dessiner des géométries précises et adapter le bois à celles-ci. Ici, une structure réciproque sur poteaux est réalisée en bois rond. Ce projet a été construit en 2011 en Ouganda, près du lac Bunyonyi. Redessiné dans le cadre du studio Ibois, il montre que le bois rond permet de construire des structures linéaires, des squelettes ou des charpentes que l'on a l'habitude de réaliser en bois scié.

Pour les structures réciproques, l'utilisation du bois rond est d'autant plus judicieuse que les rencontres entre les pièces se font selon différentes orientations. Les rencontres sont ici gérées en reportant l'irrégularité d'un bois sur un autre à la manière des fustiers. Pour des réalisations simples comme celle-ci, cette méthode est très efficace.

Avec les tracés et outils décrits précédemment, on pourrait réaliser ce type d'ouvrage. Cependant, bien que rectiligne, plus la pièce de bois rond est longue, plus elle est difficile à trouver, plus elle risque de s'éloigner de son axe et plus elle devient complexe à manipuler. Les arbalétriers de cette structure réciproque mesurent sept mètres de long. Ils constituent une structure principale sur laquelle viennent se fixer des éléments secondaires, qui recevront ensuite la couverture.

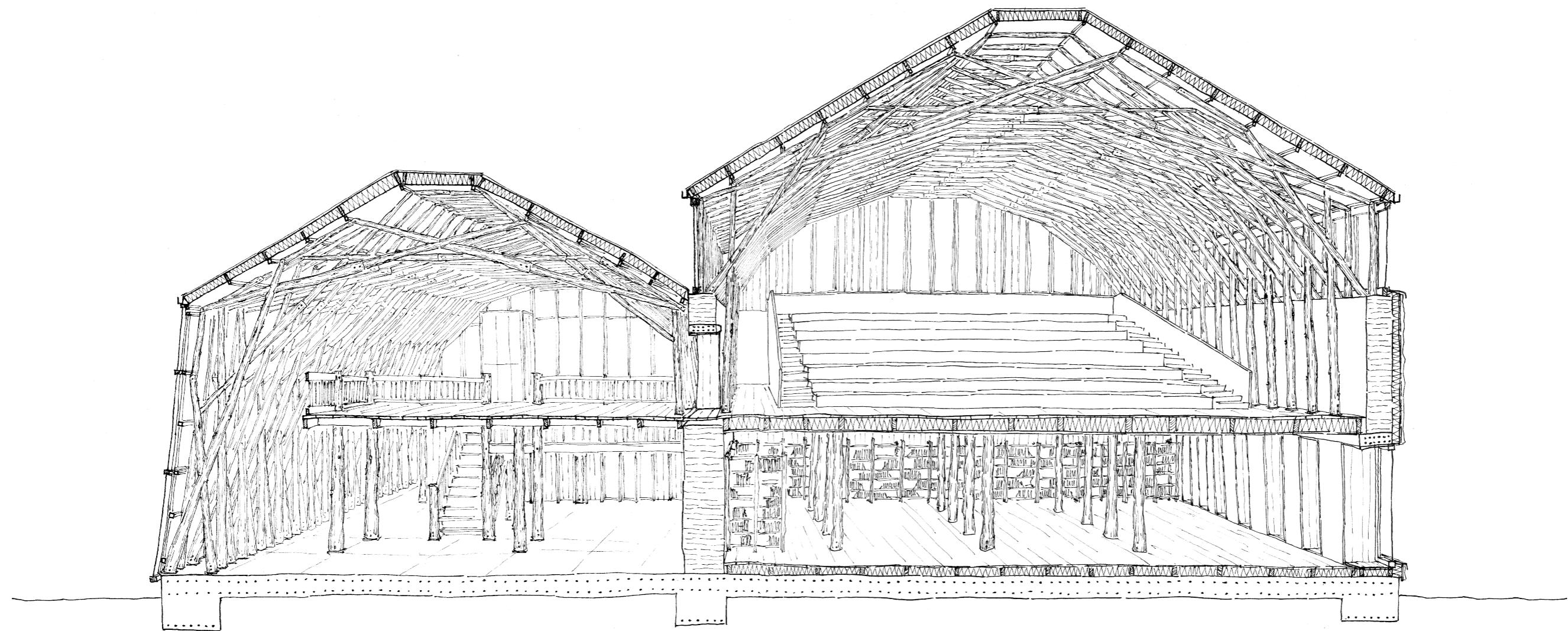
Il peut alors être intéressant de subdiviser les grands troncs courbes en de petites longueurs rectilignes. Il est ensuite possible de les assembler entre elles, à la façon des structures réciproques et fractales³⁷. Il n'y a alors plus d'éléments principaux et secondaires, mais un système continu constitué de pièces facilement manipulables lors de leur mise en place.



Axonométrie de la construction

Chevrons formant fermes

Première proposition



Perspective d'une charpente à chevrons fermes en bois rond

En général, les scieries exploitent les bois à partir d'environ 20 cm de diamètre³⁸. Plus le diamètre est faible, plus le rendement est mauvais.

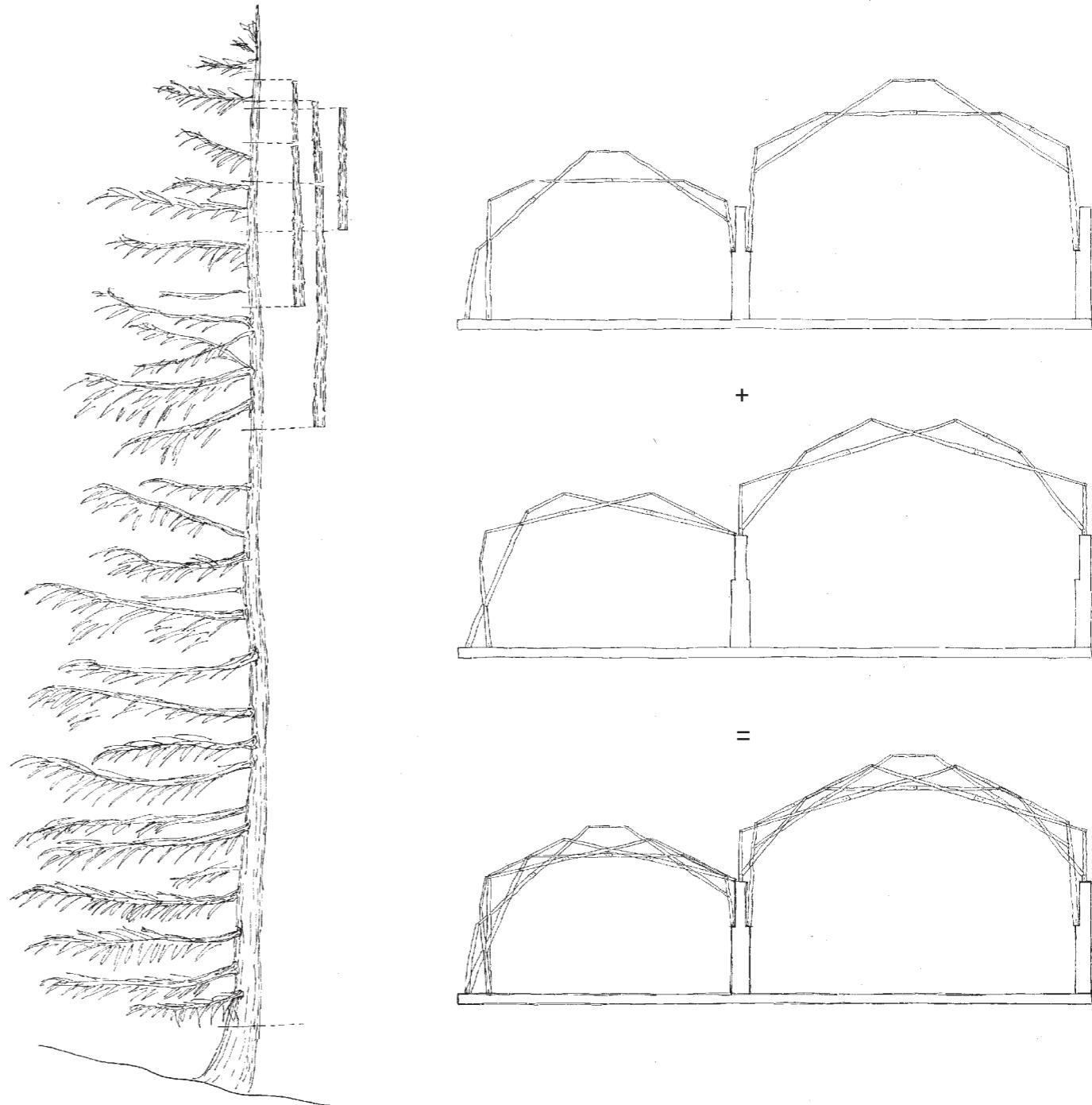
À l'Argentière-la-Bessée, dans les Alpes du Sud, lorsqu'un mélèze de 30 mètres est abattu, sa souche et son houppier sont laissés sur place. Le fût part en scierie, et les bois de moins de 20 cm de diamètre partent en bois énergie. Sur les 30 mètres de l'arbre, la part de bois énergie constitue près du tiers de la longueur totale³⁹. Ces bois seront ensuite brûlés pour produire de l'énergie. Du bois juste abattu, de grande longueur et de bonne qualité, est alors dégradé prématulement.

Près de Marseille, la centrale électrique de Gardanne a verdit son image en remplaçant le charbon par de la biomasse. C'est ici que part une partie des arbres des Alpes du Sud. Si le bois est excellent pour produire de la chaleur, son rendement est tout à fait médiocre pour générer de l'électricité. Sur dix arbres brûlés, seuls trois produisent de l'électricité⁴⁰. Cette opération dégrade donc prématulement les qualités de la matière, produit peu et relâche instantanément le carbone durement stocké. Il devient alors évident que nous devons valoriser les cimes et les petits diamètres dans la construction.

Au Moyen Âge, lorsque les pièces de grandes dimensions se sont faites rares, les charpentes à chevrons formant fermes sont apparues. Dans une charpente classique, on trouve des fermes principales constituées d'éléments de grandes sections et longueurs. Sur ces fermes se posent des pannes sur lesquelles viennent ensuite des chevrons.

Avec les chevrons formant fermes, les pièces principales disparaissent pour laisser la place à un ensemble d'éléments de plus petites dimensions. La densité des fermes augmente alors pour correspondre à celle des chevrons. Elles combinent à la fois la fonction structurelle et celle de support de la couverture. Le projet ci-contre illustre cette façon de construire transposée au bois rond.

À l'Argentière-la-Bessée, il y a un projet de création de la Haute École du Bois et de la Forêt. Elle réunirait la formation de tous les métiers du bois, du charpentier à l'ingénieur. Avec le studio Ibois, des propositions ont été faites pour réaliser un bâtiment central au campus qui exprimerait l'interdisciplinarité de la construction bois ainsi que la proximité à son écosystème forestier.

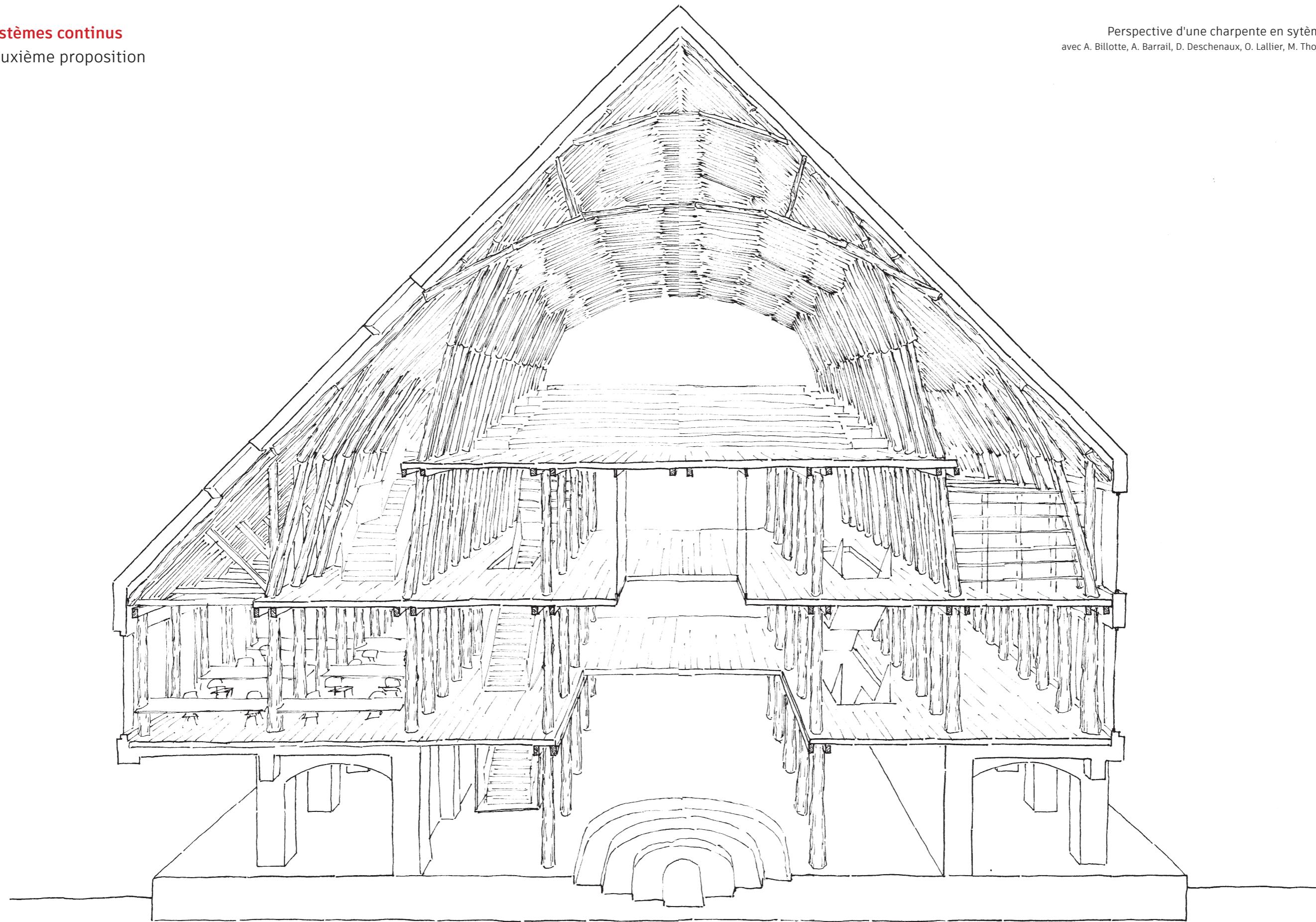


Construction des fermes

Systèmes continus

Deuxième proposition

Perspective d'une charpente en système continu
avec A. Billotte, A. Barail, D. Deschenaux, O. Lallier, M. Thorez, D. Warfel



Dans un contexte de raréfaction de la matière au XVI^e siècle⁴¹, on retrouve la volonté de valorisation de petits éléments dans *Nouvelles Inventions pour Bien Bâtir et à Petits Frais* de Philibert de l'Orme. Il y décrit une charpente construite à partir de l'assemblage de petites planches⁴². En franchissant de grandes portées avec de petits éléments assemblés en de nombreux arcs, cette charpente est une évolution du principe des charpentes à chevrons formant fermes. La densité reste alors la même, mais les fermes triangulées deviennent des arcs.

Pour la Haute École du Bois et de la Forêt, à partir de différentes propositions, un projet commun de studio a ensuite été proposé. Ici, comme pour les charpentes de Philibert de l'Orme, les fermes deviennent des arcs. De plus, par rapport aux chevrons formant fermes, la densité est augmentée au point de former un système continu. Ainsi, on obtient plusieurs nappes qui constituent deux voûtes massives en bois rond et qui soutiennent une troisième nappe qui soutient la couverture.

Avec les chevrons formant fermes, les fonctions structurelles et de support de couverture sont assurées. Il faut cependant ajouter de la volige ou des panneaux pour créer une surface plane et continue pour accueillir l'isolation ou la couverture.

Avec un système continu et du fait même de sa continuité, la charpente peut étendre son rôle à la création de cette surface plane. Elle peut également remplir d'autres fonctions. Ici, en plus de la surface plane, l'épaisseur massive de la troisième nappe permet une première isolation thermique et phonique ainsi qu'une barrière vapeur.

La construction moderne a séparé la conception de l'exécution et elle a également séparé la constitution des enveloppes en une multitude de couches spécifiques. De par ses qualités, le bois a pourtant la capacité d'occuper diverses fonctions simultanément. Par exemple, dans les maisons en fuste, le bois est à la fois : la structure, l'isolation thermique et acoustique, le revêtement intérieur et extérieur, l'étanchéité, le régulateur d'humidité...

En 1977, face au déclin de la construction bois, on peut lire dans *L'Humanisme du Charpentier*, le premier tome de l'*Encyclopédie des Métiers* des charpentiers :

«Il faut orienter la charpente vers une conception globale de la construction qui intègre les contraintes de revêtement et d'isolation, il faut poursuivre la recherche sur les assemblages qui limitent parfois les ouvrages sur le plan technique et économique.»

De la même façon que la stéréotomie est pauvre lorsqu'elle est réduite à n'être que de la géométrie, le bois est sous-valorisé quand il n'est qu'une structure.

Au contraire, la stéréotomie est riche lorsqu'elle est interdisciplinaire. Sans être figée dans le temps, elle a la capacité d'intégrer de nouvelles contraintes et disciplines. À partir de la compréhension du bois rond, on peut alors mêler simultanément les différentes fonctions du bois, l'architecture, l'ingénierie, la physique, la structure, la géométrie, les assemblages, le chantier ainsi que la déconstruction éventuelle en fin de vie.

Les systèmes continus et massifs semblent alors être le lieu parfait pour ces interactions. Cependant, construire massivement implique l'utilisation d'une quantité de bois colossale ainsi que le façonnage d'un nombre de pièces énorme. À l'Argentière la Bessée, la proposition du système continu de voûtes part du postulat d'un façonnage robotisé ainsi que de ressources et d'énergie illimitées.

Les ressources, le travail et l'énergie



Taille d'une rainure avec la tronçonneuse sur équerre

Ressource

Construire en bois rond résulte de la transformation de ressources naturelles par le travail et grâce à de l'énergie.

Plus on utilise de bois, plus on stocke du carbone pendant la durée de vie du bâtiment. Dans le même temps, plus on met une pression extractiviste sur les forêts, plus les écosystèmes s'appauvissent, moins ils sont résilients et moins ils sont capables de stocker du carbone dans le sol.

Dans le cycle naturel d'un arbre, lorsqu'il meurt et qu'il se décompose au sol, une partie du bois va se décomposer en relâchant son CO₂ sous forme de gaz. À force de se réduire en miettes de plus en plus petites, la pluie et la biodiversité vont enfouir une autre partie de l'arbre jusqu'à ce que la température baisse et permette un arrêt de sa décomposition⁴³. C'est ainsi que s'est formé le charbon que nous utilisons aujourd'hui. Dans ce processus de fossilisation, le carbone n'est pas stocké temporairement selon le cycle de vie d'un bâtiment, mais il est voué à un sommeil profond qui durera potentiellement pendant des milliers d'années.

Ce processus naturel est impossible dans une forêt surexploitée. Les coupes d'arbres permettent au soleil de réchauffer le sol et de stimuler ainsi les rejets de gaz⁴⁴. De plus, l'utilisation d'abatteuses remue le sol et le met à nu. Peu de bois mort est laissé sur place pour nourrir l'écosystème.

Ainsi, en France, la forêt s'agrandit mais elle s'appauvrit. Pour extraire toujours plus, les plantations d'arbres ont tendance à remplacer les écosystèmes résilients⁴⁵. Comme l'air ou l'eau, la forêt est un des communs indépassables qui permet la vie sur Terre. Elle doit donc être placée au-dessus des logiques industrielles. C'est un écosystème qui doit concilier ses fonctions écologiques, économiques et sociales.

La ressource en bois est donc précieuse et ne peut pas être considérée comme illimitée. Le bois rond ne peut pas être considéré comme un volume de matière quelconque, il est le fruit d'un écosystème. Son utilisation implique une compréhension de ses limites ainsi qu'un respect du milieu naturel dont il provient.

Travail

«*Être bûcheron, c'est prévoir l'emplacement de la chute, s'imprégner des lieux, éviter les dégâts aux alentours, tenir compte de la courbure de l'arbre, de l'asymétrie du feuillage, de l'inclinaison initiale du tronc. Mais avec les abatteuses, quel savoir va-t-il nous rester ? Tout est automatisé. Le métier se résume à cinq gestes que l'on répète toute la journée.*»⁴⁶

Pour produire des ressources illimitées, en plus de la mise en péril des écosystèmes, la pensée industrielle met une machine entre l'humain et la nature et détruit les savoir-faire essentiels à la cohabitation avec la nature.

«*Avec sa tronçonneuse et son équipement de bûcheron, Eric porte dans ses bras tout son matériel. Au total, celui-ci ne doit pas dépasser les 2000 euros. Depuis le début de sa carrière, Eric ne s'est jamais endetté. Une abatteuse coûte elle au minimum 500 000 euros. Tu deviens esclave de ta machine.*»

La conséquence sur le travail de la surexploitation des ressources est l'incapacité pour l'humain de sur-produire sans s'assujettir à une machine. Au XIX^e siècle en Grande-Bretagne, la pensée industrielle naît dans la production textile à partir de l'exploitation coloniale des ressources et de la dépossession du travail des ouvriers anglais.

«*L'histoire ne présente pas de tragédie plus horrible que l'extinction graduelle des tisserands anglais.*»⁴⁷

Cette extinction n'est pas seulement la marque d'une transition économique. Ça a été une catastrophe humaine, sociale et culturelle provoquée par l'effet destructeur du capitalisme sur des modes de production, le travail et sur le rapport à la nature. À l'heure où les conditions d'habitabilité de la Terre sont menacées par ces mêmes logiques, la pensée productiviste doit être remise en question.

Pour construire durablement avec le bois rond, il est impossible de se passer des facteurs vivant et humain. Au contraire, ils doivent être au cœur du processus. Une machine ne doit pas être interposée si elle change l'arbre en un volume et l'humain en un opérateur seul, invisibilisé, interchangeable et au service de la machine et de son employeur.

Energie

À l'Argentière-la-Bessée, dans la première proposition, à chevrons formant fermes, la grandeur du bâtiment ainsi que le nombre de pièces de bois sont limités du fait des contraintes physiques de la quantité de ressources et de travail nécessaires.

La deuxième proposition part du postulat que le façonnage sera robotisé. Pour remplir les mêmes fonctions que la proposition précédente, le bâtiment prend alors une dimension monumentale et multiplie les pièces de bois plutôt que de chercher à être économique. L'industrialisation des procédés incite à une sur-production et à une sur-consommation car elle se base sur l'émancipation des limites naturelles et énergétiques.

La détention d'une source d'énergie infinie est primordiale pour une exploitation sans limite des ressources et du travail. La pensée industrielle s'est développée sur la recherche de cette énergie. Les usines de l'industrie textile anglaise du XIXe siècle étaient d'abord alimentées par la force des rivières, une énergie naturelle. La machine à vapeur est ensuite apparue, et les industriels ont alors abandonné l'eau pour passer au charbon, l'énergie fossile. Pourtant à cette époque, l'eau était plus puissante, moins coûteuse et plus durable que la vapeur⁴⁸. Le charbon s'est donc imposé en premier lieu, non pas pour son efficacité ou pour son coût, mais pour l'émancipation des contraintes naturelles qu'il permettait ainsi que par le pouvoir absolu sur le travail qu'il plaçait entre les mains des industriels.

L'énergie infinie à laquelle nous sommes depuis habitués a des conséquences néfastes pour l'environnement lors de sa production, mais surtout sur l'impact qu'elle a dans notre façon de sur-produire et de sur-consommer. Il faut alors en faire un usage raisonné.

Dans le processus de stéréotomie du bois rond, le bois n'est pas systématiquement scié sur ses quatres faces et l'énergie n'est pas systématiquement utilisée. Elle apparaît non pas pour produire plus, mais lorsque l'énergie humaine doit être soulagée de la charge qu'on fait peser sur elle. Ainsi, la tronçonneuse peut prendre la place de la scie à main, une grue peut être mise en œuvre pour soulager le dos du port de charges...

Conclusion

La division entre conception et exécution, ainsi qu'entre architectes, ingénieurs et ouvriers, génère un gaspillage d'énergie et de ressources tout en dégradant le travail en déconnectant l'humain de la nature. À l'opposé, la stéréotomie des bois ronds propose une approche intégrée et cohérente, où conception architecturale et réalisation se rejoignent dans un processus continu. Ancrée dans l'évolution des techniques, des outils et des savoir-faire, cette démarche valorise la relation harmonieuse entre l'écosystème, le bois, l'humain et ses outils. Elle redonne ainsi du sens et une dimension durable à l'acte de construire dans un contexte d'épuisement des ressources et de crises qui se généralisent.

Notes

- 1** Jacquet, Hugues, et al. *Savoir & faire : Le Bois* (Actes Sud, 2015), p.79
- 2** Penone, Giuseppe. *Paroles d'Artiste, Giuseppe Penone* (Fage, 2021), p.3
- 3** Wohlleben, Peter. *La Vie Secrète des Arbres* (Les Arènes, 2017)
- 4** Jacquet, Hugues, et al. *Savoir & faire : Le Bois* (Actes Sud, 2015), p.79
- 5** D'après la visite de plusieurs scieries, en France et en Suisse
- 6** Ibid.
- 7** Vestertas, Petras. *Design-to-Fabrication Workflow for Raw-Sawn-Timber using Joinery Solvee* (EPFL, 2021), p.7
- 8** Jacquet, Hugues, et al. *Savoir & faire : Le Bois* (Actes Sud, 2015), p.79
- 9** Vestertas, Petras. *Design-to-Fabrication Workflow for Raw-Sawn-Timber using Joinery Solvee* (EPFL, 2021), p.8
- 10** Ibid. p.7
- 11** Simonnet, Cyrille *L'Architecure ou la Ficition Constructive* (Passion, 2001) p.90
- 12** Fredet, Jacques. *Les Maisons de Paris* (Villette, 2003) p.167
- 13** Catoire, Elina. *Les Charpentiers face à l'Industrialisation* (Belleville, 2024) p.7
- 14** Sakarovitch, Joël, *La Stéréotomie ou l'Histoire de la Construction en Chantier*, (CRHS, 2008) p.498
- 15** Les Compagnons du Devoir, Encyclopédie des Métiers. *La Maçonnerie et la Taille de Pierre : Les Outils*, Tome 1 (Librairie du Compagnonnage, 1996) p.11
- 16** Les Compagnons du Devoir, Encyclopédie des Métiers. *La Maçonnerie et la Taille de Pierre : Traité Pratique des Coupe des Pierres*, Tome 3 (Librairie du Compagnonnage, 1996) p.91
- 17** Sakarovitch, Joël, *La Stéréotomie ou l'Histoire de la Construction en Chantier*, (CRHS, 2008) p.499
- 18** Jouberton, Guy. *Tracés et Coupes des Pierres* (Vial, 2007) p.118
- 19** Sakarovitch, Joël, 'Géométrie pratique, géométrie savante', dans *Géométrie, Mesure du Monde* (La Découverte, 2005) p. 45-60. p.46
- 20** Ibid. p.47
- 21** Ibid. p.53
- 22** Les Compagnons du Devoir, Encyclopédie des Métiers. *La Maçonnerie et la Taille de Pierre : Traité Pratique des Coupe des Pierres*, Tome 3 (Librairie du Compagnonnage, 1996) p.12
- 23** Ibid. p.90
- 24** Sakarovitch, Joël, *La Stéréotomie ou l'Histoire de la Construction en Chantier*, (CRHS, 2008) p.507

- 25** Sakarovitch, Joël, *La Stéréotomie ou l'Histoire de la Construction en Chantier*, (CRHS, 2008) p.511
- 26** Sakarovitch, Joël, 'Le fascicule de stéréotomie ; entre savoir et métiers, la fonction de l'architecte' dans *Desargues en son Temps*, (Blanchard, 1994), 347-362. p.359
- 27** Ibid. p.360
- 28** Ibid. p.361
- 29** "God is in the Detail: Labour, Architecture and the Politics of Construction." The Architecture Association, 2020. Introduction Pier Vittorio Aureli
- 30** Catoire, Elina. *Les Charpentiers face à l'Industrialisation* (Belleville, 2024) p.24
- 31** Monduit, Louis. *Traité Théorique et Pratique de la Stéréotomie* (Vial, 2002) p.62
- 32** Les Compagnons du Devoir, Encyclopédie des Métiers. *La Maçonnerie et la Taille de Pierre : Traité Pratique des Coupe des Pierres*, Tome 3 (Librairie du Compagnonnage, 1996) p.11
- 33** Les Compagnons du Devoir, Encyclopédie des Métiers. *La charpente : L'Humanisme du Charpentier*, Tome 1 (Librairie du Compagnonnage, 1977) p.13
- 34** Julien, André. *La Maison de Bois Rond : Technique de Construction Scandinave* (Mortagne, 1990) p.11
- 35** Ibid. p.42
- 36** Les Deux Rivières "On utilise notre scierie mobile comme un outil"
- 37** Vestertas, Petras. *Design-to-Fabrication Workflow for Raw-Sawn-Timber using Joinery Solvee* (EPFL, 2021) p.200
- 38** D'après la visites de plusieurs scieries en France et en Suisse.
- 39** Notes sur la production de Mélèzes par Eric Badoux p.223
- 40** D'Allens, Gaspard. *Main Basse sur nos Forêts* (Seuil, 2019) p.99
- 41** De l'Orme, Philibert. *Nouvelles Inventions pour Bien Bâtir et à Petits Frais* (1561) p.4
- 42** Ibid. p.10
- 43** Wohlleben, Peter. *La Vie Secrète des Arbres* (Les Arènes, 2017) p.108
- 44** Ibid. p.109
- 45** D'Allens, Gaspard. *Main Basse sur nos Forêts* (Seuil, 2019) p.13
- 46** Ibid. p.58
- 47** Marx, Karl. *Le Capital Vol. 1* (Gallimard, 1963) p.514
- 48** Malm, Andreas. 'The Origins of Fossil Capital: From Water to Steam in the British Cotton Industry' dans *Historical Materialism* Vol. 21, No. 1 (2013), 15-68 p.28

Bibliographie

D'Allens, Gaspard. *Main Basse sur nos Forêts* (Seuil, 2019)

Catoire, Elina. *Les Charpentiers face à l'Industrialisation* (Belleville, 2024)

Les Compagnons du Devoir, Encyclopédie des Métiers. *La charpente : L'Humanisme du Charpentier*, Tome 1 (Librairie du Compagnonnage, 1977)

Les Compagnons du Devoir, Encyclopédie des Métiers. *La Maçonnerie et la Taille de Pierre : Les Outils*, Tome 1 (Librairie du Compagnonnage, 1996)

Les Compagnons du Devoir, Encyclopédie des Métiers. *La Maçonnerie et la Taille de Pierre : Traité Pratique des Coupe des Pierres*, Tome 3 (Librairie du Compagnonnage, 1996)

Fredet, Jacques. *Les Maisons de Paris : types courants de l'architecture mineure parisienne de la fin de l'époque médiévale à nos jours* (Villette, 2003)

Jacquet, Hugues, et al. *Savoir & faire : Le Bois* (Actes Sud, 2015)

Jouberton, Guy. *Tracés et Coupes des Pierres* (Vial, 2007)

Julien, André. *La Maison de Bois Rond : Technique de Construction Scandinave* (Mortagne, 1990)

Malm, Andreas. 'The Origins of Fossil Capital: From Water to Steam in the British Cotton Industry' dans *Historical Materialism* Vol. 21, No. 1 (2013), 15-68

Marx, Karl. *Le Capital* Vol. 1 (Gallimard, 1963)

Monduit, Louis. *Traité Théorique et Pratique de la Stéréotomie* (Vial, 2002)

De l'Orme, Philibert. *Nouvelles Inventions pour Bien Bâtir et à Petits Frais* (1561)

Penone, Giuseppe. *Paroles d'Artiste, Giuseppe Penone* (Fage, 2021)

Sakarovitch, Joël, *La Stéréotomie ou l'Histoire de la Construction en Chantier*, (CRHS, 2008)

Sakarovitch, Joël, 'Le fascicule de stéréotomie ; entre savoir et métiers, la fonction de l'architecte' dans *Desargues en son Temps*, (Blanchard, 1994), 347-362.

Sakarovitch, Joël, 'Géométrie pratique, géométrie savante', dans *Géométrie, Mesure du Monde* (La Découverte, 2005) p. 45-60.

Simonnet, Cyrille. *L'Architecure ou la Ficiton Constructive* (Passion, 2001)

Vestartas, Petras. *Design-to-Fabrication Workflow for Raw-Sawn-Timber using Joinery Solvee* (EPFL, 2021)

Wohlleben, Peter. *La Vie Secrète des Arbres* (Les Arènes, 2017)

"God is in the Detail: Labour, Architecture and the Politics of Construction." The Architecture Association, 2020

