

LES MÉTHODES DE DATATION ABSOLUE EN ARCHÉOLOGIE

Michelle Elliott

Cours d'Archéométrie

L 3 – 2^e SEMESTRE (2025-2026)

16 février 2026 ; 15H - 16H30 ; Amphi, 3 rue Michelet

PLANNING DU COURS

- **Constitution des chronologies en archéologie : Panorama général**
- **Méthode basée sur la désintégration radioactive**
 - Potassium-Argon (K-Ar)
- **Méthode basée sur des défauts cristallins**
 - Thermoluminescence (TL)
- **Paléomagnétisme / Archéomagnétisme**
- **Dendrochronologie**

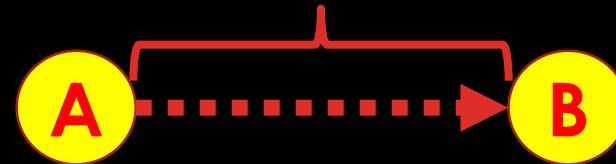
LE TEMPS ET L'ARCHÉOLOGIE

- Comment peut-on ordonner les données et les faits archéologiques dans le temps?
- La constitution des **chronologies**, soit relative, soit absolue, permet une meilleure compréhension des relations temporelles entre les données archéologiques.
- **Chronométrie** – Science de la mesure du temps (méthodes)
- **Chronologie** – Science qui a pour but de situer les événements dans le temps, et qui donc s'appuie fortement sur la chronométrie

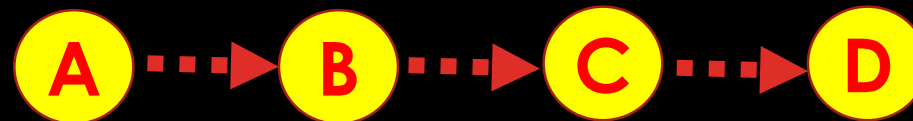
NOTIONS ESSENTIELLES POUR LES CHRONOLOGIES

- La constitution des chronologies nécessite certaines notions liées à la mesure du temps :
- **Événement** – Un point ponctuel dans le temps qui pourrait être daté par des méthodes chronométriques 

- **Durée** – le temps qui s'écoule entre deux événements d'âges connus (absolu)



- **Séquence** – l'ordre des événements (relatif ou absolu)



NOTIONS ESSENTIELLES POUR LA MESURE DU TEMPS

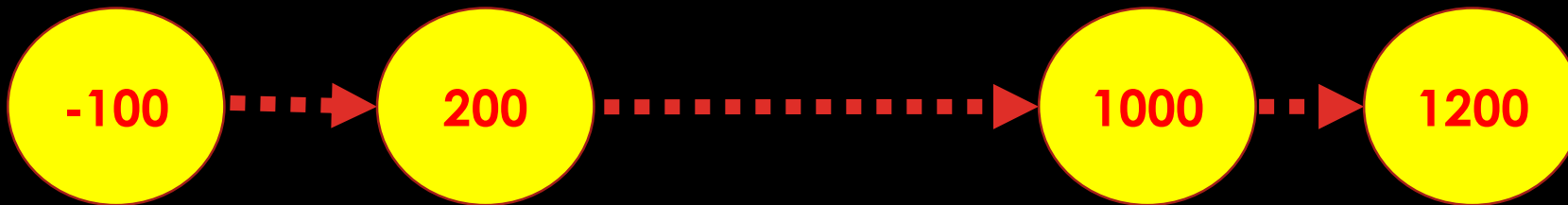
- **La séquence** est donc une notion fondamentale en chronométrie. Elle permet de savoir l'ordres des événements, ainsi que d'estimer les durées entre eux.



TYPES DE CHRONOLOGIES



Chronologie relative



Chronologie absolue

QUESTIONS CHRONOLOGIQUES POSÉES EN ARCHÉOLOGIE

- **Questions sur la séquence :**
 - L'événement « A », s'est-il produit avant l'événement « B » ?
 - Ou sont-ils synchrones ?
- **Questions sur la durée :**
 - Le phénomène « X » a eu lieu sur combien de temps ?
 - Le phénomène « X » a-t-il duré plus longtemps que le phénomène « Y » ?

FOURCHETTES CHRONOLOGIQUES POUR DES DIFFÉRENTES MÉTHODES DE DATATION

Potassium-Argon

Paléomagnétisme

Archéomagnétisme

ESR

Thermoluminescence

Radiocarbone

Dendrochronologie

10^7

10^6

10^5

10^4

10^3

10^2 ans

MEGA-

MACRO-

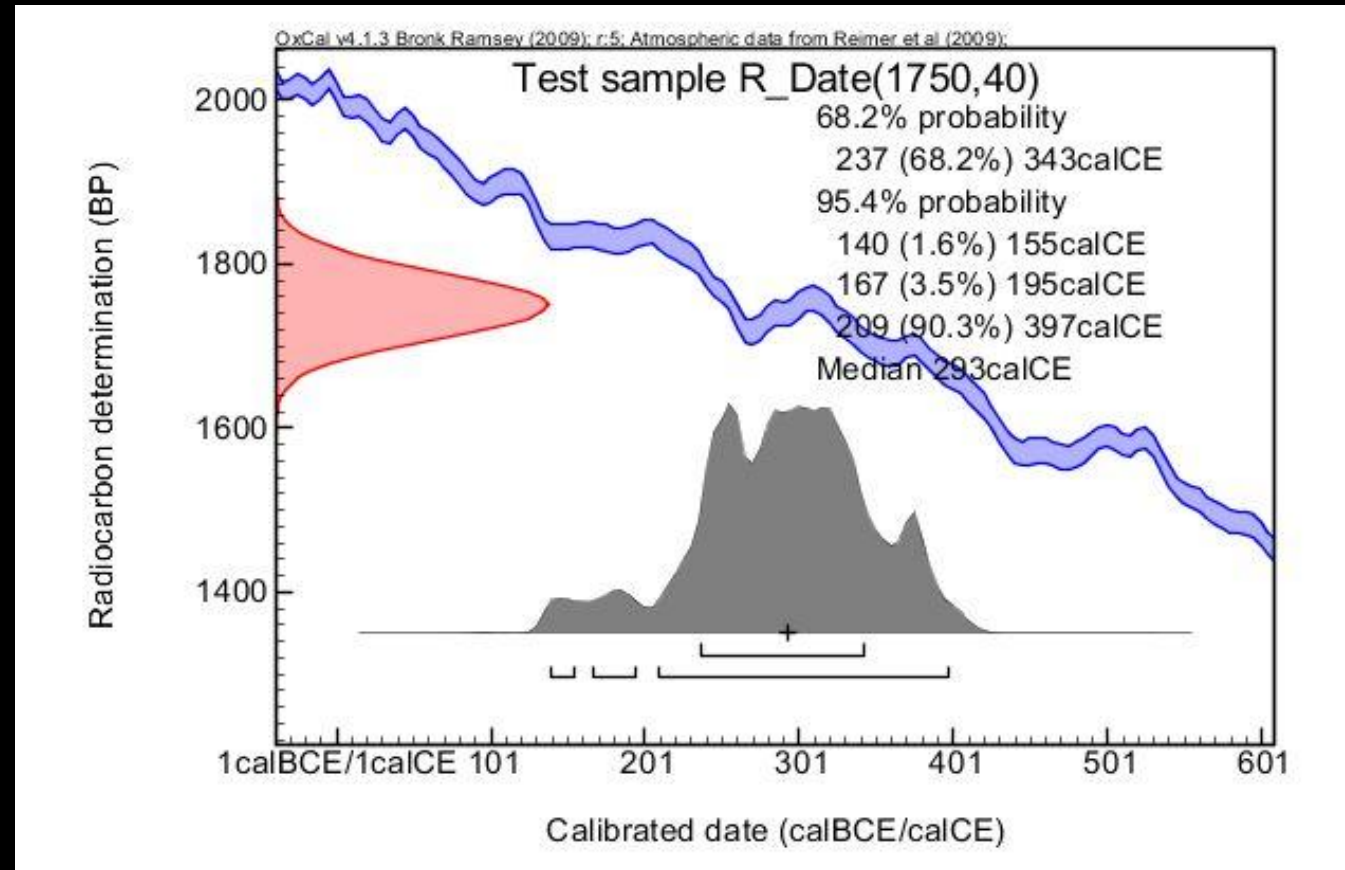
MESO-

MICRO-

D'après
Dincauze
(2000)

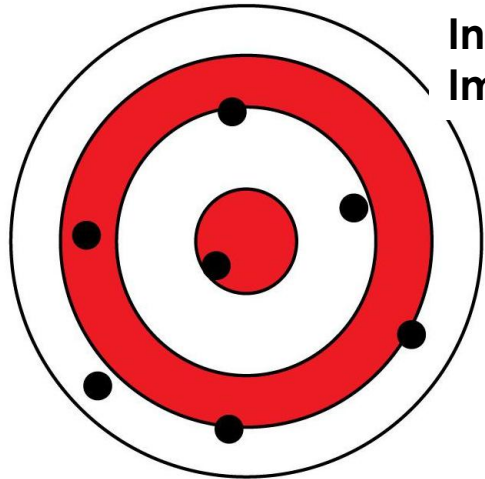
CONSIDÉRATIONS POUR LA CONSTITUTION DES CHRONOLOGIES

- Quelle est la **certitude** de la datation ?
 - L'intervalle proposé, est-il correct, valide ?
 - Pourrait-il être reproduit ?
- Quelle est la **précision** de la datation ?
 - L'intervalle proposé, quelle est la finesse de sa résolution ?

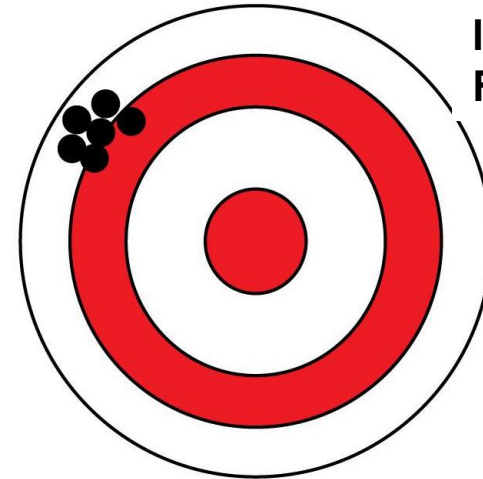


CONSIDÉRATIONS POUR LA CONSTITUTION DES CHRONOLOGIES

Peu utile →



Incertain,
Imprécis



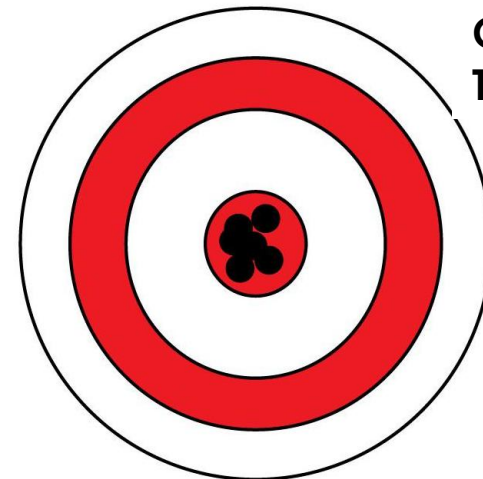
Incertain,
Précis

← Inutile

Acceptable →



Certain,
Assez
précis



Certain,
Très précis

← Idéal

CONSIDÉRATIONS POUR LA CONSTITUTION DES CHRONOLOGIES

- **Certitude sans précision** – en principe, suffisant pour développer des chronologies relatives
- **Certitude et précision** – Nécessaire pour développer des chronologies de résolution fine, ou pour évaluer la contemporanéité des événements avec confiance
- **Précision sans certitude** – Inutile!!!

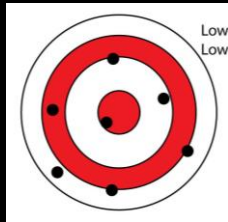
CONSIDÉRATIONS POUR L'ECHELLE DU TEMPS

- Quelle est l'échelle temporelle adéquate pour étudier le phénomène ?
 - Un millénaire, un siècle, une décennie, une année ?
 - Les phénomènes socio-culturels se déroulent souvent sur des durées très courtes (générations, décennies)
- Quelle est la nature des échantillons disponibles pour réaliser les datations ? Quelles méthodes de datation peuvent être utilisées avec ces échantillons ?
- Les méthodes de datation choisies, sont-elles adéquates pour atteindre la résolution souhaitée ?
- La datation effectuée, à quel événement ou processus est-elle liée ? Comment est-elle liée avec le phénomène culturel étudié ?

RÉSOLUTION TEMPORELLE DES DIFFÉRENTES MÉTHODES DE DATATION

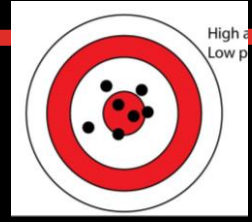
Echelle temporelle	Durée ou Fréquence		K / Ar	Paléo mag	ESR	Traces de fission	C-14	TL	Archéo mag	Dendro
Mega	$> 10^6$	$> 1 \text{ ma}$	X	X						
Macro	$10^4 - 10^6$	$10 \text{ ka} - 1 \text{ ma}$	X	X	X	X	X	X		
Meso	$10^2 - 10^4$	$0,1 \text{ ka} - 10 \text{ ka}$			X	X	X	X	X	
Micro	$< 10^2$	$0,001 \text{ ka} - 0,1 \text{ ka},$ < un siècle					?		X	X

D'après Dincauze (2000)



Résolution
moins fine

Résolution
plus fine



MÉTHODES BASÉES SUR LA DÉSINTÉGRATION RADIOACTIVE

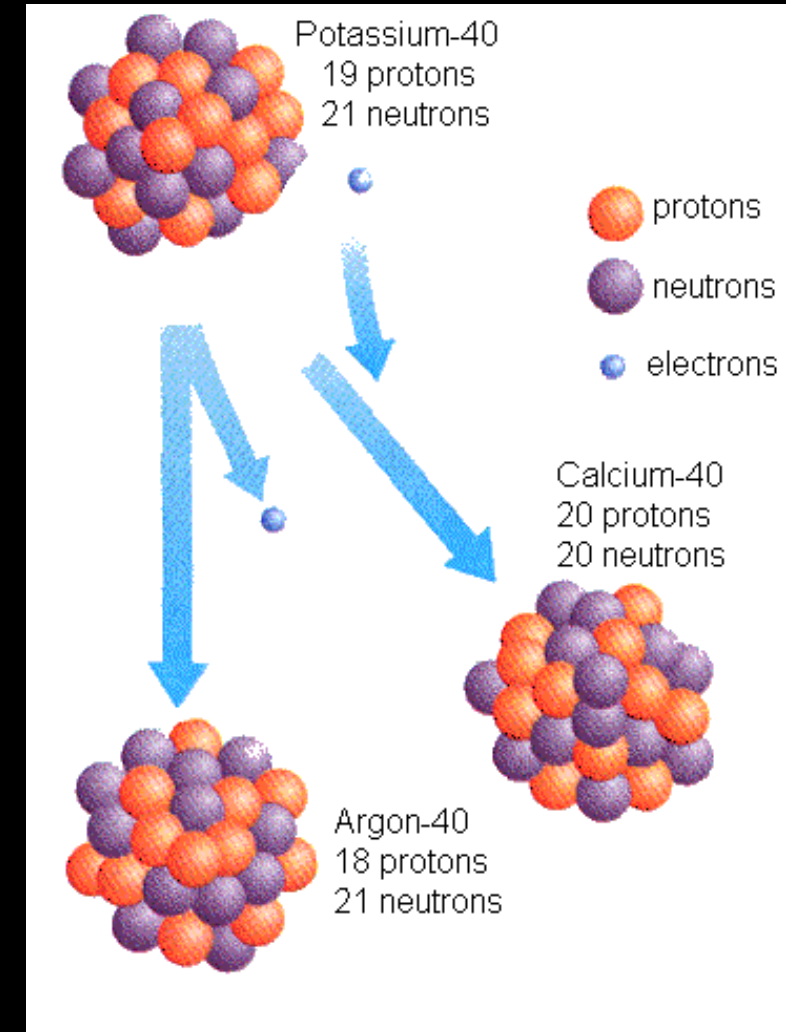
Radiocarbone

Potassium-Argon (K-Ar)



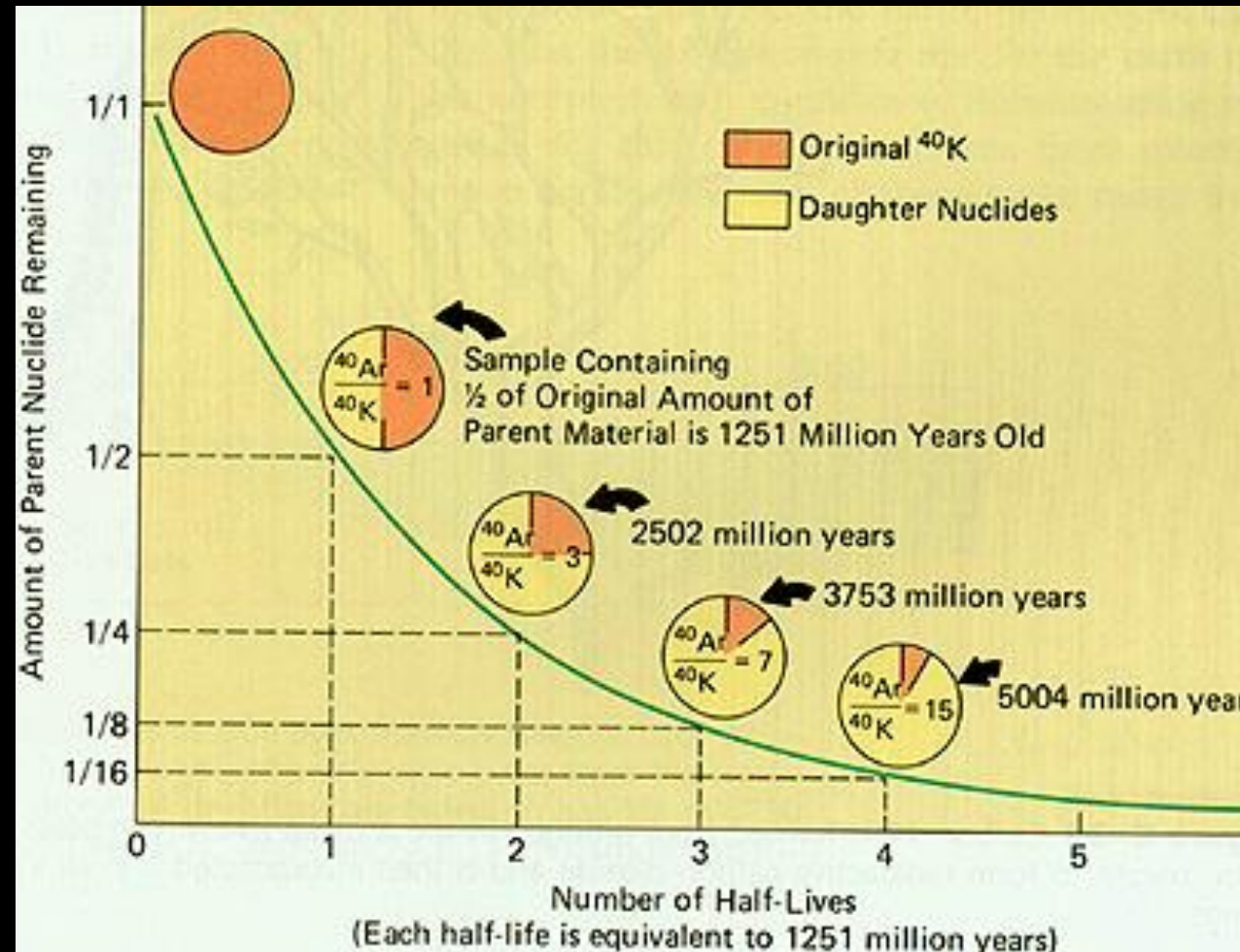
DATATION AU POTASSIUM-ARGON

- Cette méthode est utilisée pour dater la formation des couches rocheuses contenant du potassium 40 (^{40}K)
- Elle est utilisée principalement en paléoanthropologie (1 – 5 millions d'années dans le passé)
- Lorsque les atomes de l'isotope ^{40}K se désintègrent, ils produisent deux isotopes : ^{40}Ca et ^{40}Ar
- Le ^{40}Ar est un gaz qui est capable de s'échapper de la roche en fusion, mais lorsque la roche se refroidit et cristallise, le ^{40}Ar reste piégé à l'intérieur de la structure de la roche.



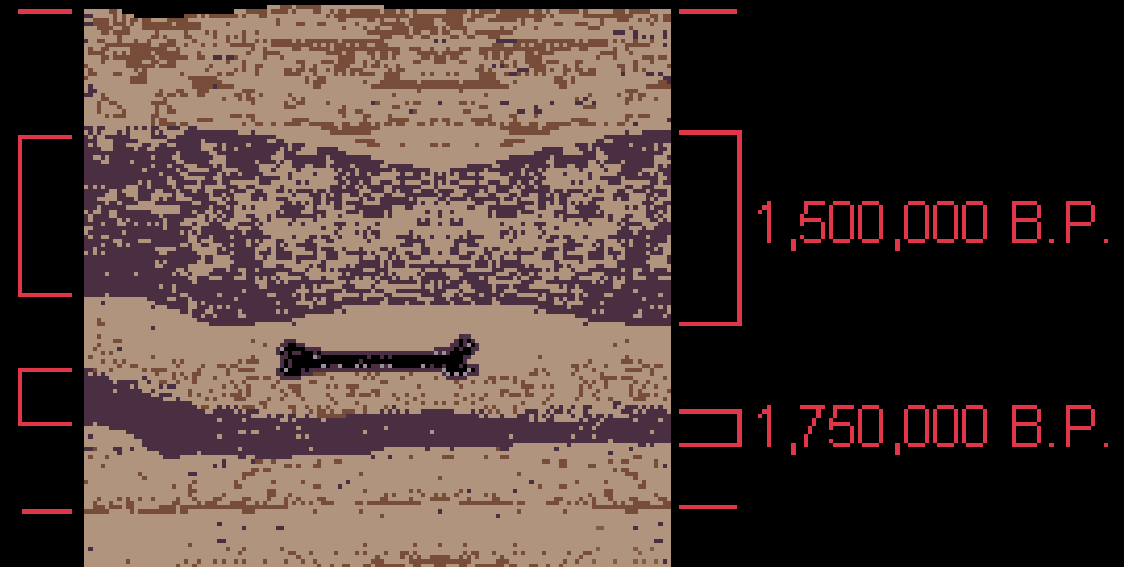
PROCESSUS DE LA DÉSINTÉGRATION DU POTASSIUM-40 (^{40}K)

le temps de demi-vie du
 $^{40}\text{K} = 1.248 \times 10^9$ ans
(1.248.000.000 ans)



POTASSIUM-ARGON

- En calculant la proportion de ^{40}K à ^{40}Ar , on est capable de déterminer la durée du temps passé depuis la formation de la roche.
- La datation de plusieurs couches par la méthode K-Ar permet de préciser la fourchette chronologique pour des vestiges associés
- La marge d'erreur pourrait être très large ($\pm$ des milliers d'années, ou plus)



MÉTHODE BASÉE SUR DES DÉFAUTS CRISTALLINS

Thermoluminescence



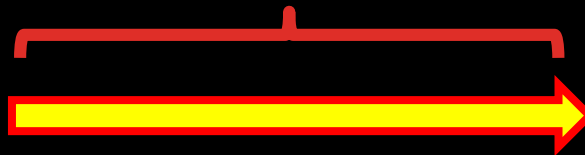
THERMOLUMINESCENCE (TL)

- La datation grâce à la TL a été développée dans les années 1960 à l'Université de Wisconsin et l'Université d'Oxford
- La méthode est utilisée pour dater des échantillons composés des minéraux (quartz, feldspaths, zircons) qui ont été soumis à un traitement à haute température (minimum 400/500° C)
- La datation à la TL permet de calculer le temps qui s'est écoulé depuis le dernier chauffage de l'échantillon.

Premier évènement de chauffage : Cuisson d'un vaisseau céramique par le potier



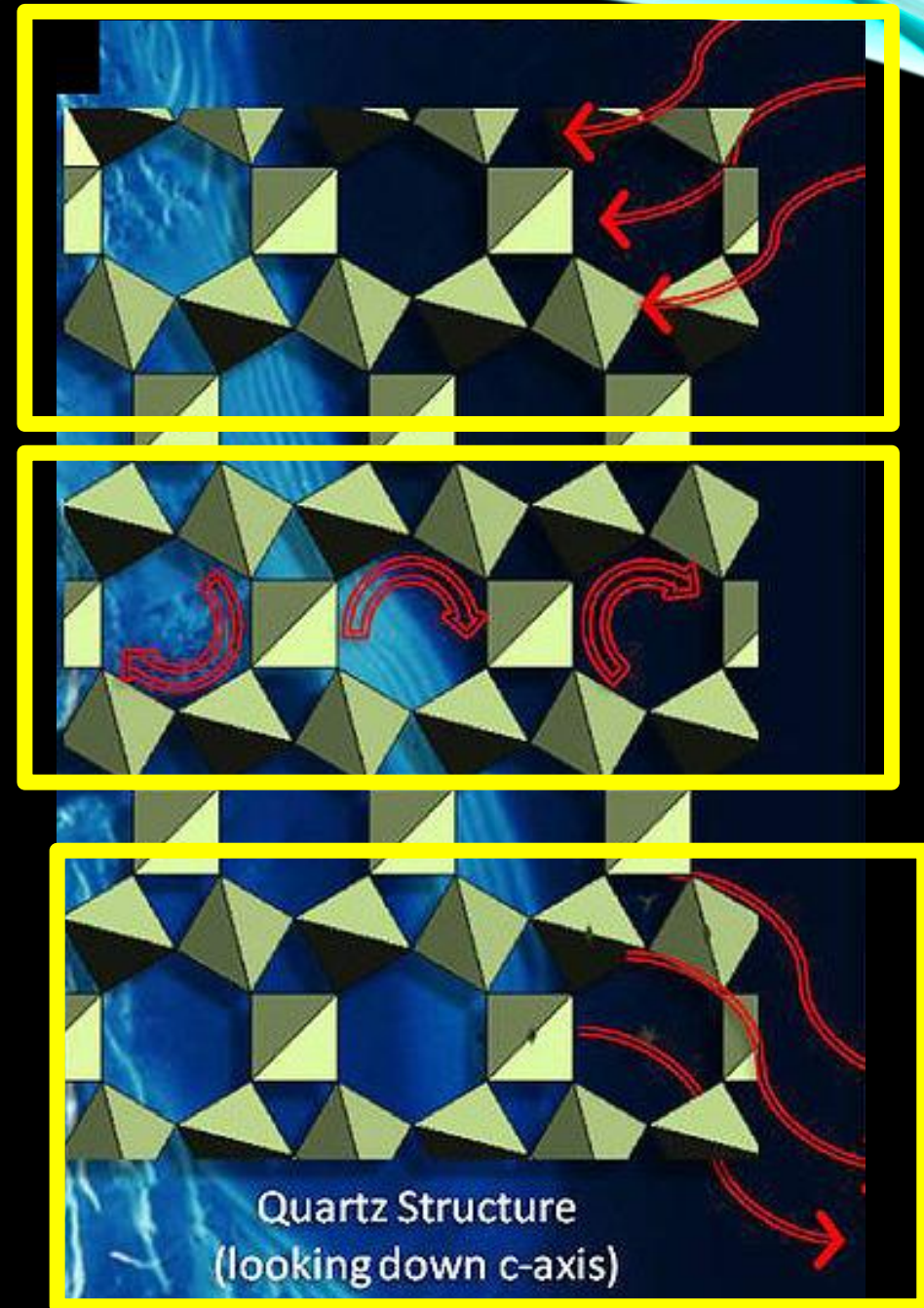
**Durée à dater =
âge de l'échantillon**



Second évènement de chauffage : Chauffage contrôlé en laboratoire des tessons pour les dater

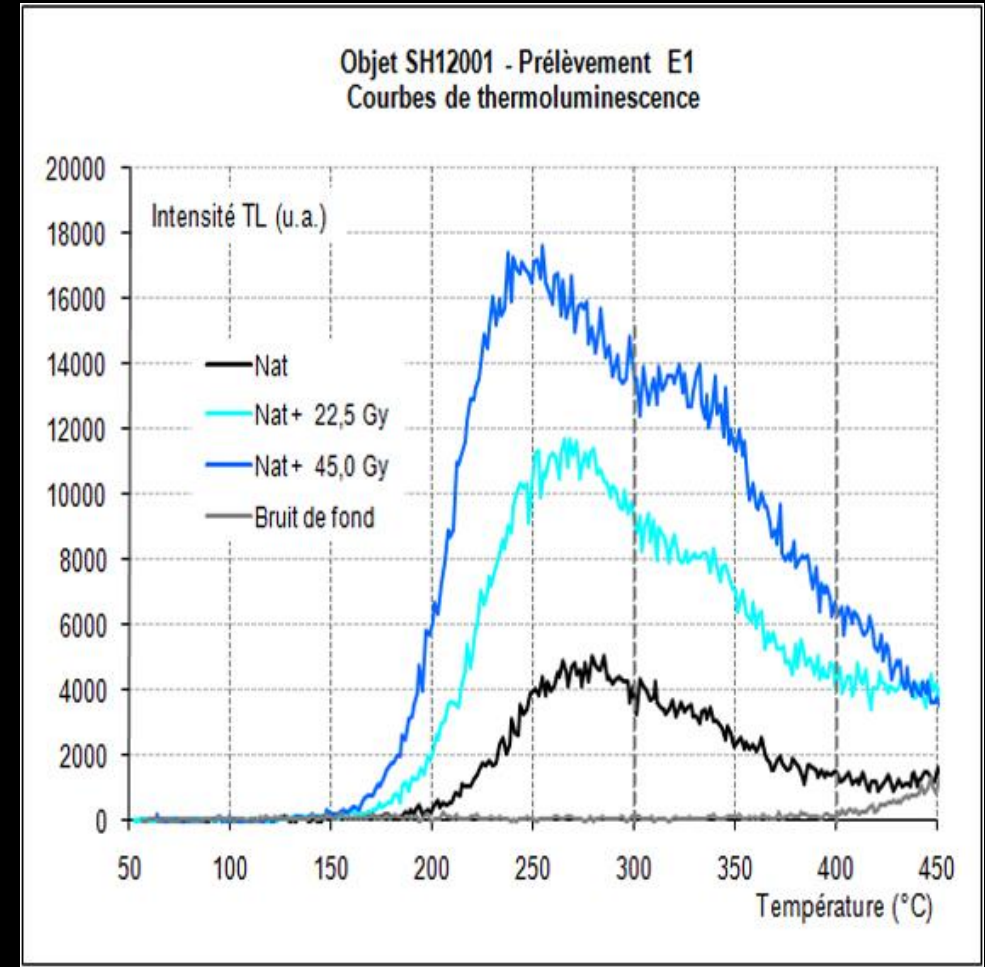
THERMOLUMINESCENCE

- La désintégration des isotopes radioactifs (^{238}U , ^{232}Th , ^{87}Ru et ^{40}K + rayonnement interne aux minéraux cristallins), combinée avec des rayonnements cosmiques (externes aux minéraux cristallins) entraîne la libération des électrons d'atomes à l'intérieur de la roche
- Les électrons déplacés restent piégés dans la structure de la roche jusqu'à un épisode de température élevée (l'évènement archéologique à dater).
- Le chauffage de la roche supprime toute énergie stockée dans la roche. A partir de ce moment, le processus recommence avec une nouvelle accumulation des électrons libérés.



THERMOLUMINESCENCE

- Un deuxième épisode de chauffage (contrôlé en laboratoire) entraîne la libération des électrons piégés dans la structure de l'échantillon, sous la forme d'une émission de lumière (photons)
- L'intensité de la lumière émise (la « dose archéologique », ou DA) est enregistrée et comparée avec un référentiel, la mesure de la dose annuelle (Da) (la quantité d'énergie par unité de masse accumulée en une année par le cristal)
- Cette opération permet d'estimer le temps écoulé depuis le dernier épisode de chauffage (l'évènement archéologique) : $\text{Âge} = \text{DA}/\text{Da}$

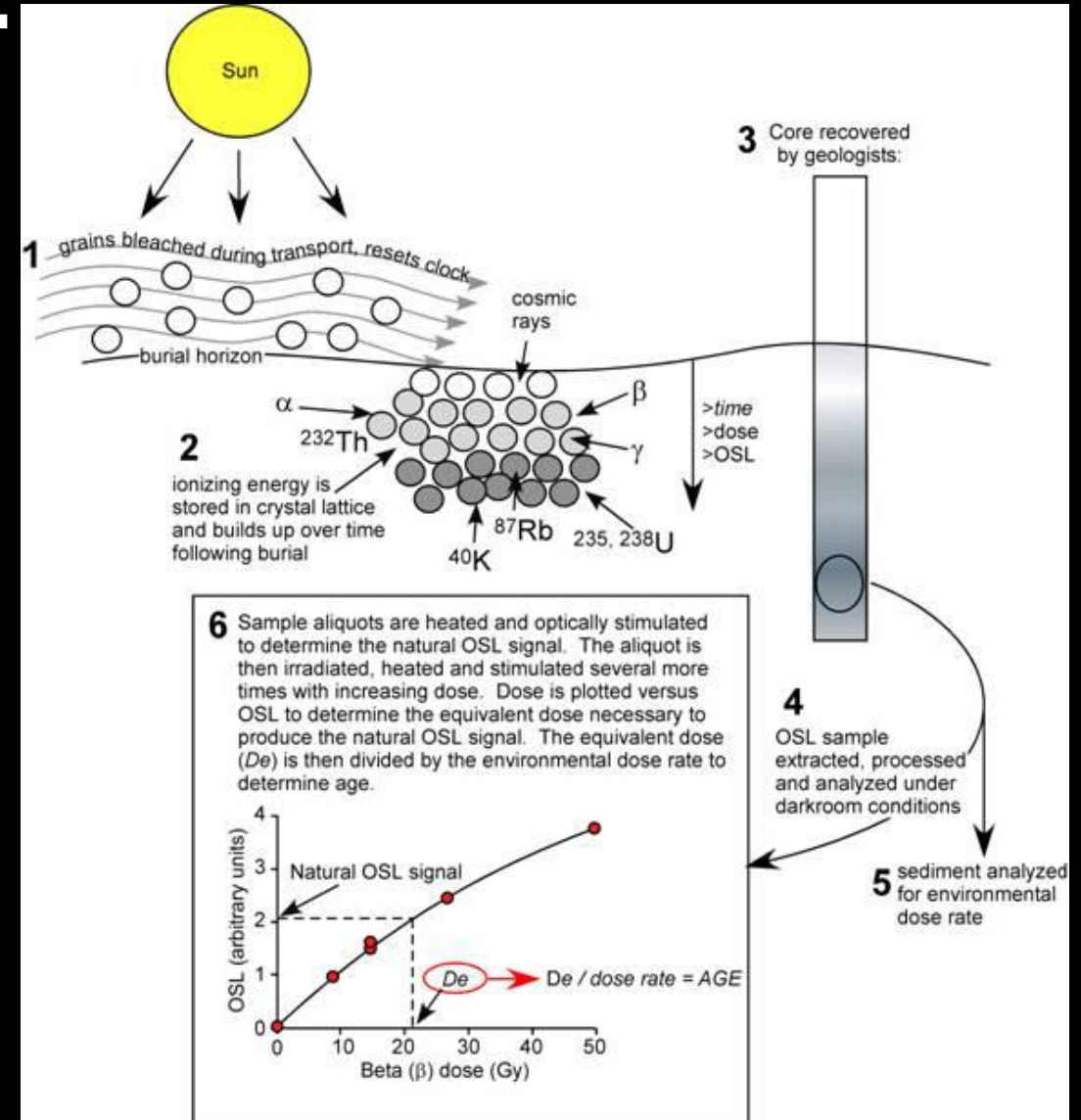


THERMOLUMINESCENCE

- La datation est présentée sous le format : **Âge $\pm$ erreur ka BP** (Le présent = l'année de datation de l'échantillon, PAS l'année 1950)
- TL dépasse la fourchette des datations au radiocarbone et peut être appliquée directement aux matériaux non-organiques
- Matériaux archéologiques souvent soumis à une datation par TL :
 - Tessons de céramique
 - Argile et/ou roche provenant de l'intérieur d'un four ou foyer
 - Architecture et objets d'art en terre cuite
 - Silex qui a été soumis à un traitement thermique
 - Laves
 - Moules métallurgiques

LUMINESCENCE STIMULÉE OPTIQUEMENT (OSL)

- Une méthode qui est similaire à la TL, mais elle vise à dater du quartz et du feldspath dans les sédiments enfouis
- OSL détermine le temps écoulé depuis le dernier épisode de l'exposition de ces sédiments à la lumière du soleil
- Les prélèvements sont réalisés par un carottage dans un récipient opaque et ensuite ils sont traités dans une chambre noire



PALÉOMAGNÉTISME / ARCHÉOMAGNÉTISME

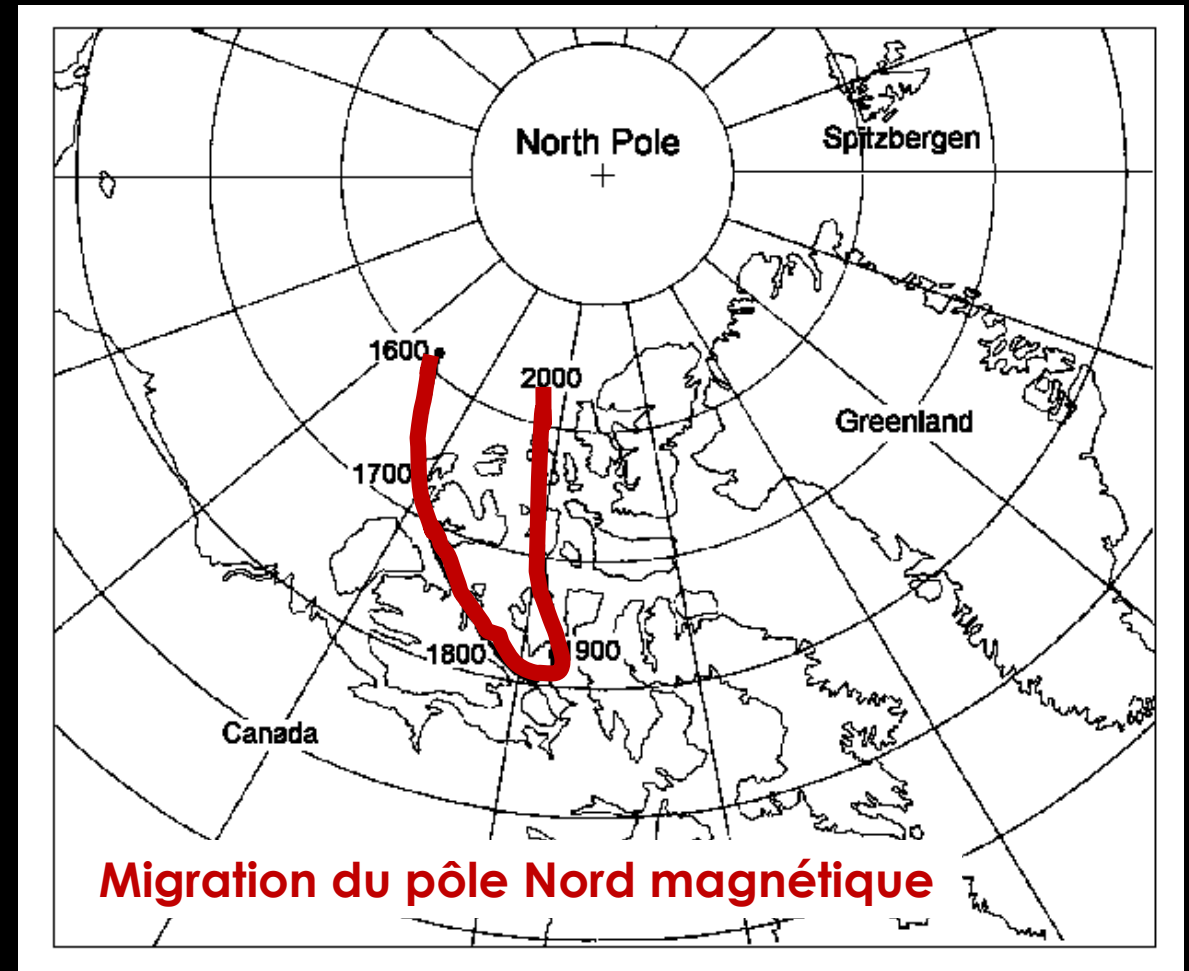


PRINCIPES DE LA DATATION AU MAGNÉTISME

- L'application moderne de cette méthode en archéologie a été développée dans les années 1960 par Prof. Robert Dubois (Université d'Oklahoma)
- « Cette méthode est fondée sur le fait que certaines terres cuites (ou roches) peuvent avoir conservées, sous la forme d'une aimantation rémanente acquise lors d'un événement particulier (chauffage à haute température, par exemple), la direction et l'intensité du champ magnétique terrestre (CMT) ancien. » - P. Lanos (2005)
- La datation au paléo/archéo-magnétisme doit être réalisée en parallèle avec des autres méthodes de datation chronométrique afin de fournir des chronologies absolues

CHANGEMENTS DANS LE CHAMP MAGNÉTIQUE TERRESTRE (CMT)

- **Changements à moyen terme et à grande échelle spatiale** – Inversions du CMT (1.000 – 10.000 ans)
 - **Datation par le paléomagnétisme**
 - Processus à l'échelle des temps géologique
- **Changements à court terme et à l'échelle régionale** – variation séculaire du CMT (des périodes plus courtes)
 - **Datation par l'archéomagnétisme**

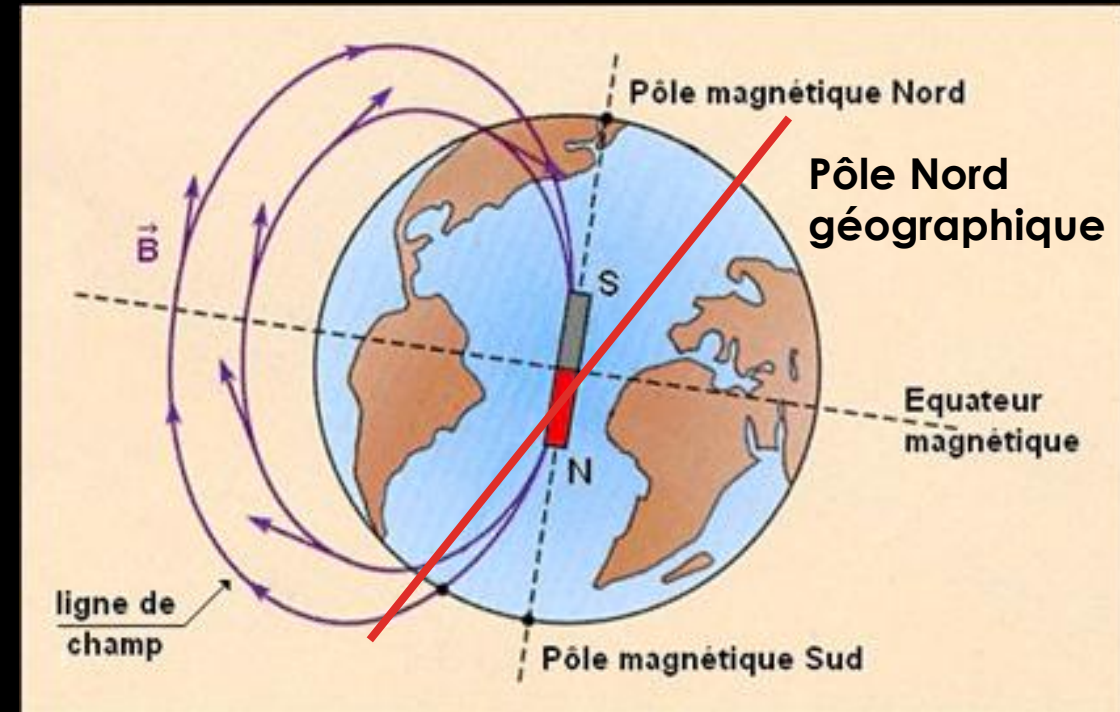
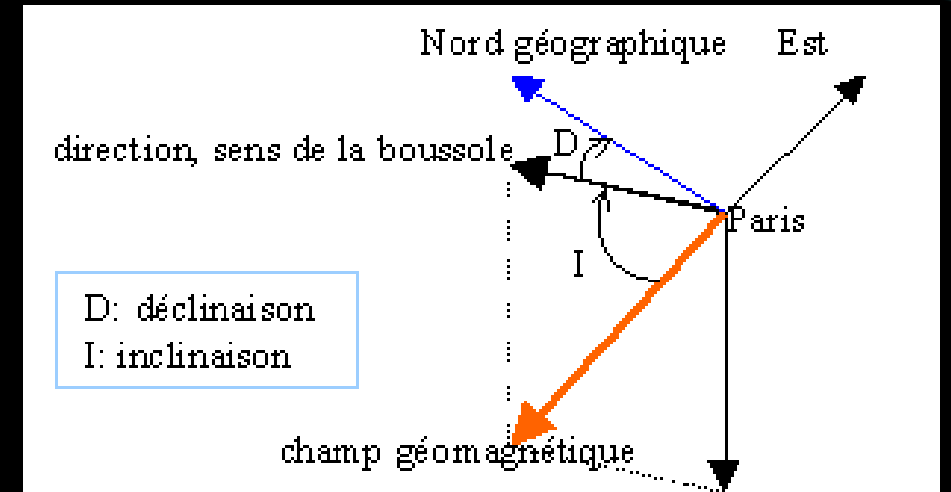


PARAMÈTRES ENREGISTRÉS

Déclinaison = l'angle formé entre l'axe de rotation de la planète (le nord géographique, fixe) et l'axe du champ magnétique (le nord magnétique, flottant)

Inclinaison = l'angle entre l'horizontale du point de mesure et l'axe de l'aiguille de la boussole dirigé vers le nord magnétique (cet angle varie en différents points de la surface de la Terre)

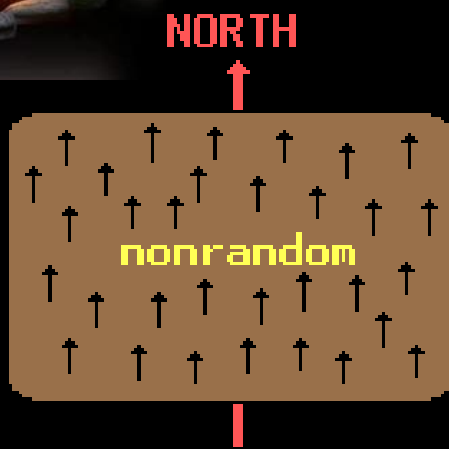
Intensité = Intensité de l'induction du champ magnétique terrestre



ACQUISITION DE L'AIMANTATION THERMORÉMANENTE (ATR)



**Avant le
chauffage**



**Après le
chauffage**

- Lorsque une argile ou roche atteint une température très élevée (température Curie), ses minéraux ferromagnétiques tendent à s'aligner dans la direction du nord magnétique, créant, suite au refroidissement, une aimantation rémanente dirigée selon les sens du champ magnétique
- L'étude de ces données magnétiques provenant des structures archéologiques *in situ* qui ont été datées par des autres méthodes (^{14}C , dendrochronologie) permet de construire des courbes de référence régionale

ARCHÉOMAGNÉTISME

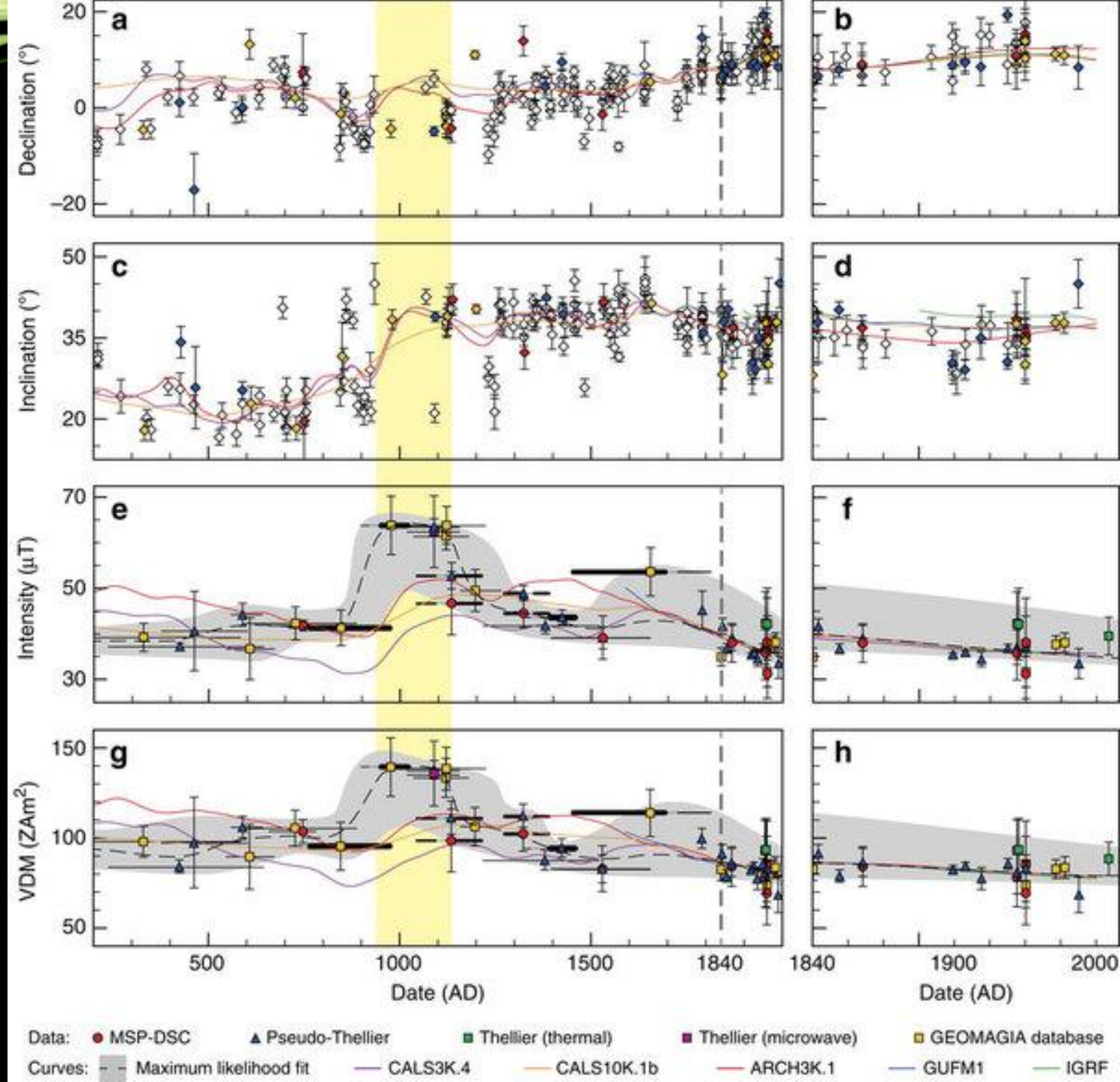


- Une série de prélèvements est réalisée dans la surface du foyer, roche, etc.
- Pour obtenir une datation, l'échantillon doit venir d'une surface *in situ*
- On note la position actuelle du nord magnétique pour chaque échantillon



De Groot, L. V., et al. 2013 Rapid regional perturbations to the recent global geomagnetic decay revealed by a new Hawaiian record. Nat Commun 4.

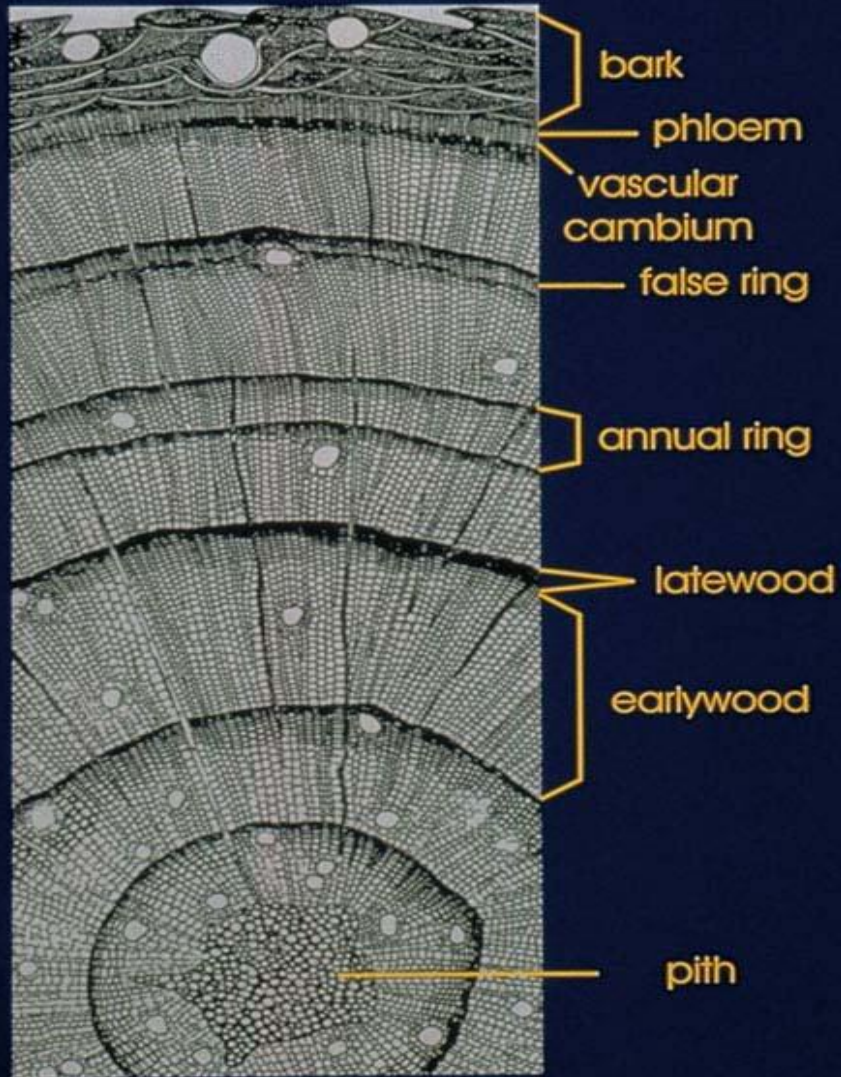
- Les paramètres magnétiques sont étudiés dans le laboratoire
- La signature magnétique de l'échantillon représente le dernier épisode de chauffage
- L'intervalle de confiance est généralement donné soit à un écart-type (degré de confiance d'environ 68%), soit à deux écarts-types (degré de confiance à 95%)



DENDROCHRONOLOGIE



CROSS SECTION of a CONIFER



DENDROCHRONOLOGIE

- Etude de la structure et largeur des cernes de croissance annuelle dans le bois
- Elle permet la datation absolue à l'échelle annuelle
- Peut fournir des données climatiques (changements relatifs d'une année à l'autre dans les précipitations ou températures)

DENDROCHRONOLOGIE

- Est basée sur le principe que la croissance de certaines espèces ligneuses est sensible à des facteurs environnementaux
- Ces facteurs (température, précipitations, etc.) influencent la croissance annuelle en produisant des différences dans la largeur des cernes d'une année à l'autre

Année de
croissance
forte

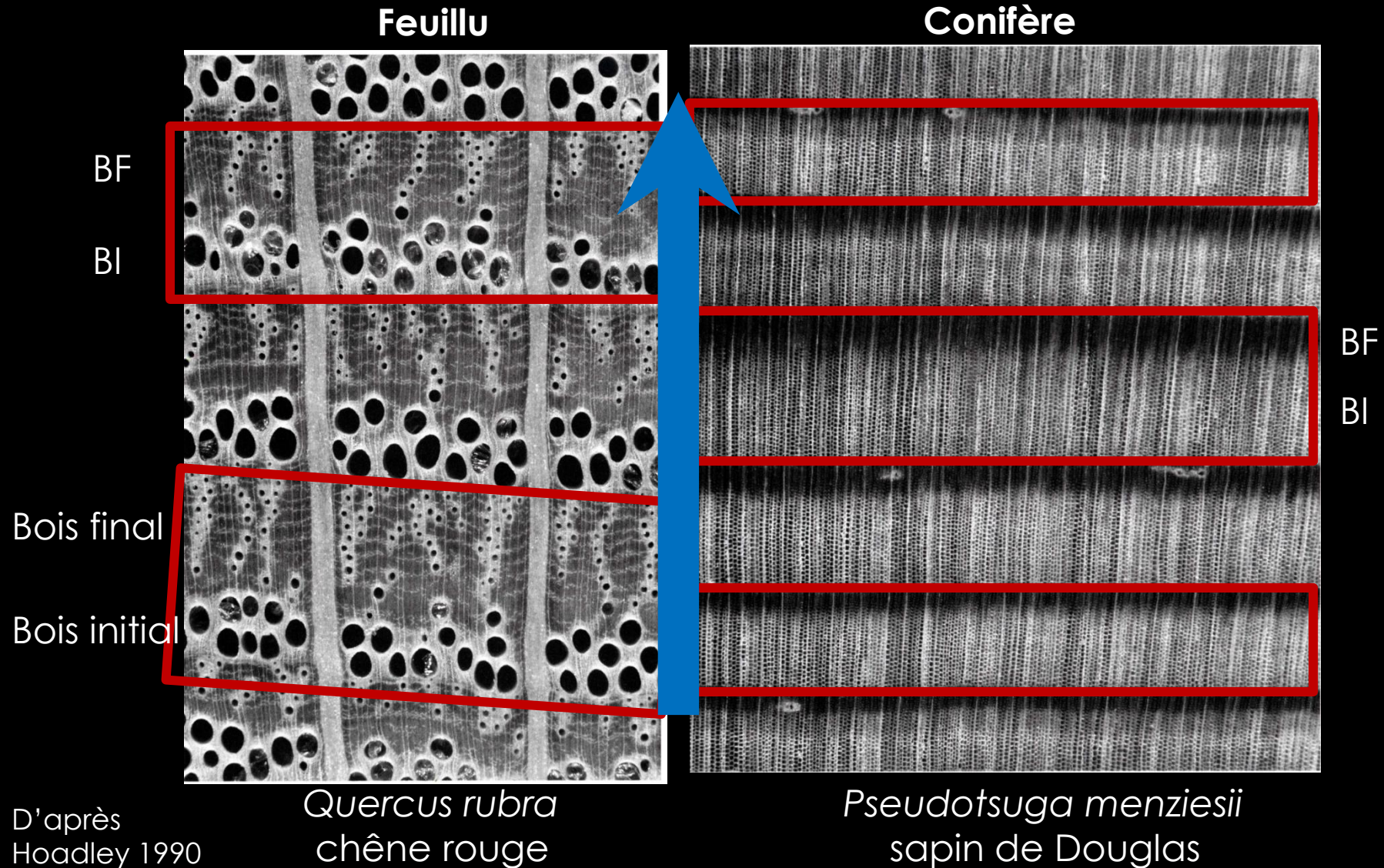


Deux années
de croissance
faible

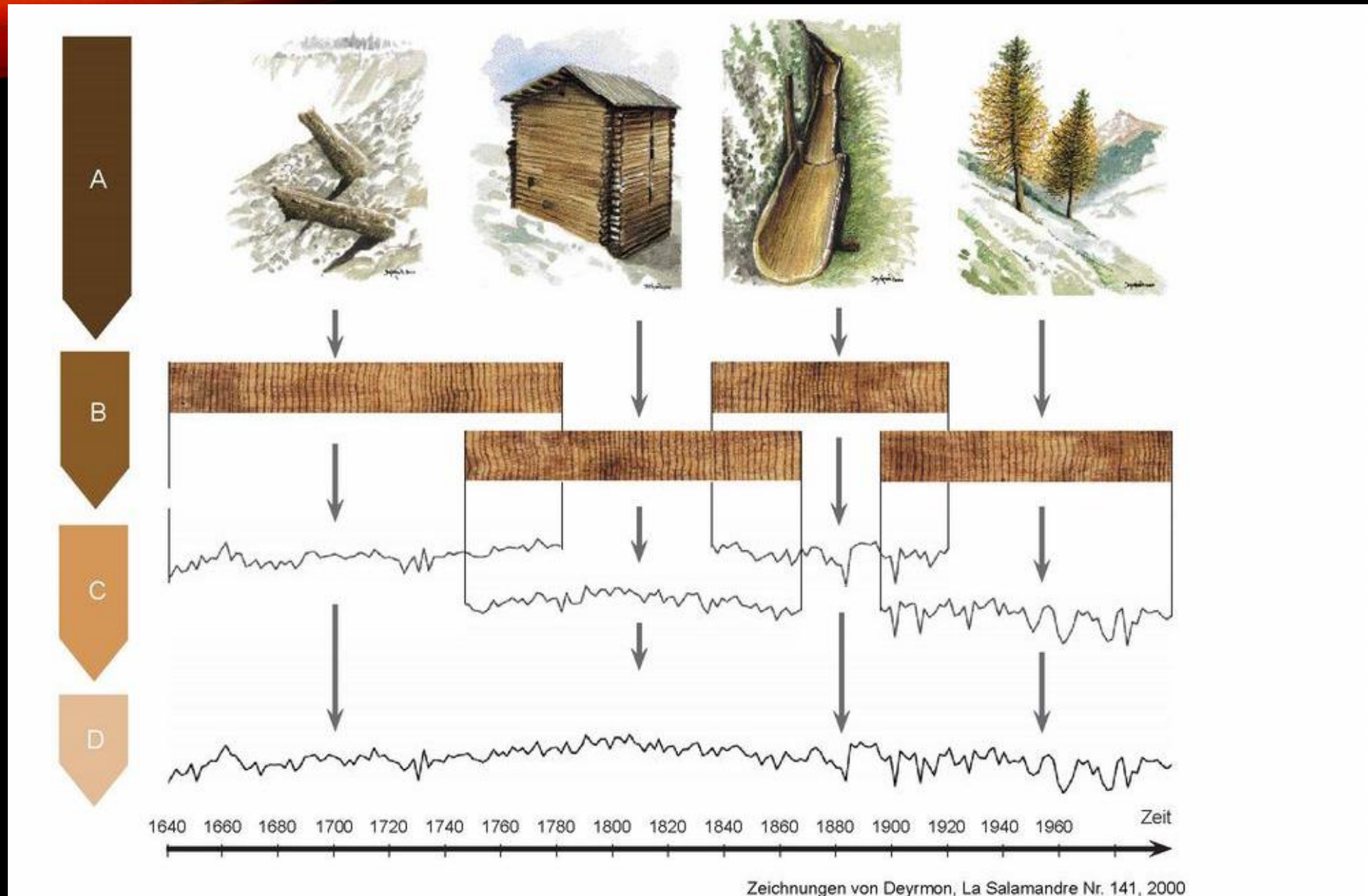


Sens de la croissance

LES CERNES DE CROISSANCE ANNUELLE



Corrélation entre plusieurs séquences

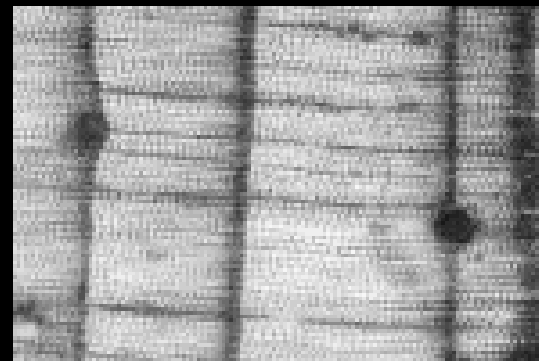


SÉQUENCES RÉGIONALES

- Il existe toujours une certaine variabilité entre les arbres dans un même secteur
- Une chronologie doit être basée sur **un minimum d'une douzaine des arbres contemporains**, par espèce
- Le chevauchement d'une chronologie avec celle qui la précède ou la suit devrait être composé d'**un minimum de 50 cernes**
- L'échantillonnage est réalisé dans les forêts d'altitude et/ou dans des milieux extrêmes car les arbres y sont soumis à des contraintes climatiques plus intenses



Cerne partiel



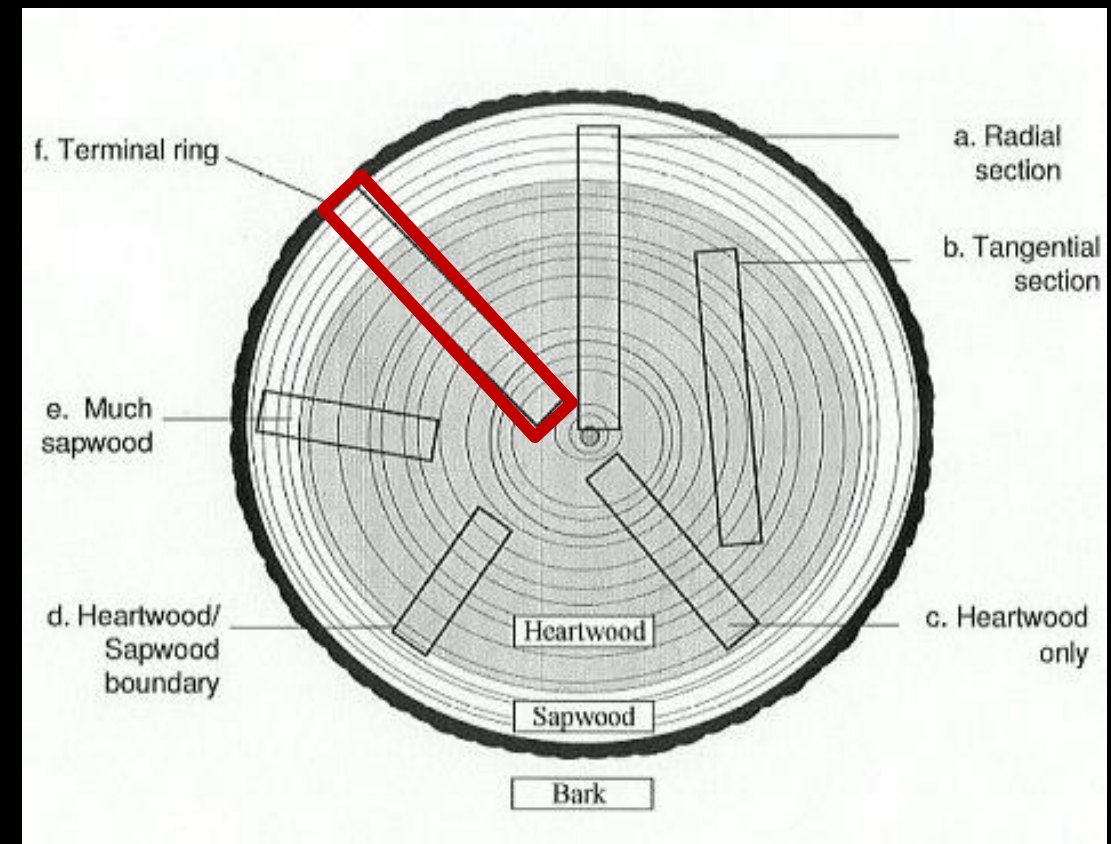
Full Ring

Faux cerne

False Band

SÉQUENCE DENDROARCHÉOLOGIQUE

- La présence du cerne terminal sur l'échantillon étudié permet **la datation de l'abattage de l'arbre**
- La datation des bois archéologiques peut être réalisée sur :
 - Bois de construction
 - Outils en bois
 - Meubles
 - Instruments de musique
 - Cadres et des décorations en bois
- La fourchette chronologique d'un site est vérifiée par la corrélation de plusieurs échantillons dendrochronologiques avec la séquence régionale.



CONCLUSIONS

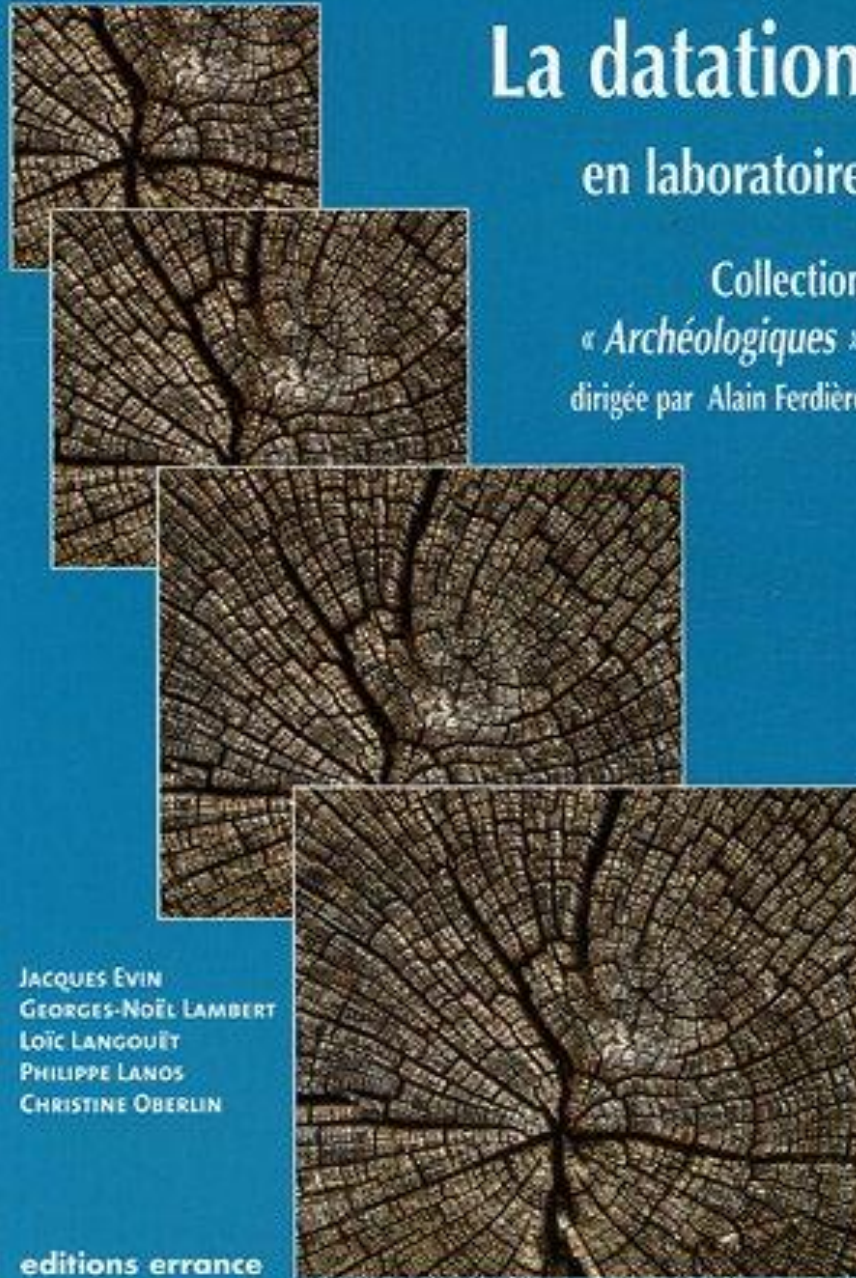
- La datation absolue des contextes archéologiques est toujours réalisée pour répondre à une problématique. En général, il faut faire appel à plusieurs méthodes pour constituer des chronologies fiables.
- On souhaite constituer une chronologie liée à quel(s) phénomène(s) ou événement(s) ? Quelle est l'échelle de temps adéquate pour étudier ce phénomène ?
- Quelle est la nature des échantillons disponibles pour la datation absolue ? Quelles méthodes de datation sont possibles avec ces échantillons ?
- Est-ce que cette/ces méthode(s) de datation pourrait(ent) rendre des résultats à l'échelle souhaitée ?
- Est-ce que les dates obtenues sont vraiment corrélées avec l'événement à étudier ?
- Quelle est la fiabilité de la série de dates utilisées pour constituer la chronologie ?

La datation en laboratoire

Collection
« Archéologiques »
dirigée par Alain Ferdière

JACQUES EVIN
GEORGES-NOËL LAMBERT
LOÏC LANGOUËT
PHILIPPE LANOS
CHRISTINE OBERLIN

éditions errance



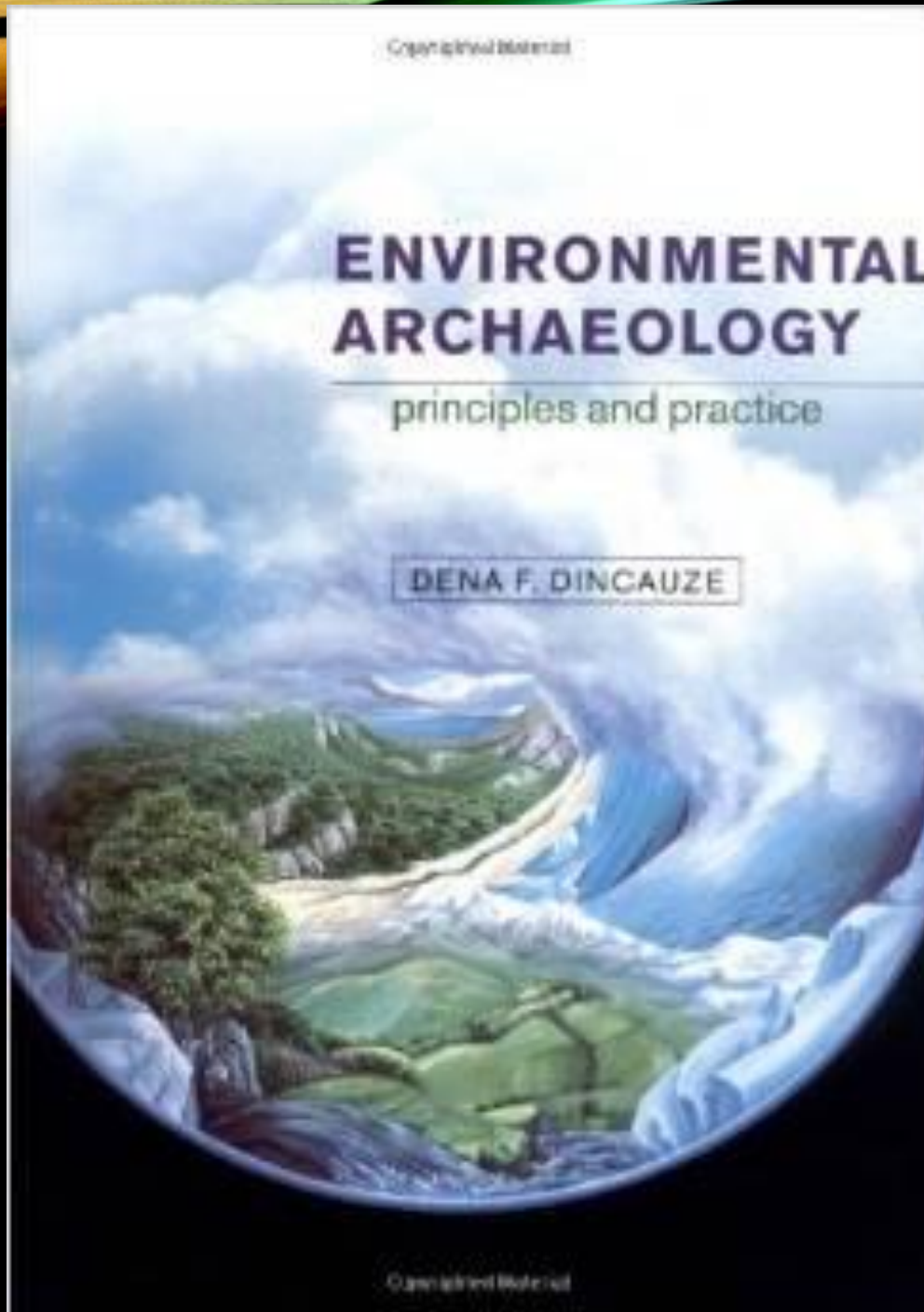
**Bibliothèque
Michelet :
Salle de lecture -
930.01 ARC 2**

Copyrighted Material

ENVIRONMENTAL ARCHAEOLOGY

principles and practice

DENA F. DINCAUZE



Copyrighted Material

Consultable à la
bibliothèque
d'Archéologie à
la MAE
(Nanterre)

A.000/160 DINC

Dincauze 2000