



HAL
open science

Le "mur armé" : quelques exemples de raidissements architectoniques en bois de murs maçonnés dans l'architecture militaire normande aux XIIe-XIVe siècles

Frédéric Epaud

► To cite this version:

Frédéric Epaud. Le "mur armé" : quelques exemples de raidissements architectoniques en bois de murs maçonnés dans l'architecture militaire normande aux XIIe-XIVe siècles. Des châteaux et des sources. Archéologie et histoire dans la Normandie médiévale. Mélanges en l'honneur d'Anne-Marie Flambard Héricher. Textes réunis par Lalou E., Lepeuple B. et Roch J.-L., PURH, pp.255-274, 2008. halshs-00368164

HAL Id: halshs-00368164

<https://shs.hal.science/halshs-00368164>

Submitted on 10 Mar 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Le "mur armé" : quelques exemples de raidissements architectoniques en bois de murs maçonnés dans l'architecture militaire normande aux XIIe-XIVe siècles.

Frédéric Epaud (CNRS, UMR6173, Tours)

Résumé :

Les bois présents au cœur des maçonneries des châteaux de Brionne, de Vatteville-la-Rue, de Breteuil-sur-Iton, de Montfort-sur-Risle et de Gisors, dans l'Eure et en Seine-Maritime, révèlent de multiples applications du principe du "mur armé" dans la construction des fortifications, du XIIe au XIVe siècle. Leurs relevés illustrent les différents procédés techniques utilisés pour le renfort structurel des murs afin de mieux répondre aux contraintes architectoniques, aux effets des sapes et de l'artillerie, aux exigences du chantier comme au défaut de fondation.

Si les textes demeurent lacunaires sur l'emploi du bois dans la construction de murs en pierre au Moyen Âge, les vestiges de fortifications apportent quant à eux de nombreux témoignages sur les différents procédés d'utilisation de poutres dans les maçonneries aux XIIe-XIVe siècles. Les lézardes ou les effondrements de murailles offrent en effet de nombreuses possibilités de lecture des murailles en coupe transversale bien que ces observations restent partielles et qu'il est difficile dans la plupart des cas de suivre le cours complet de ces poutres sur l'intégralité du mur. Il en ressort néanmoins une grande disparité de ces dispositifs aussi bien dans leur structure que dans leur fonction supposée.

Assis en bordure de plateau, le donjon roman de **Brionne**, dans l'Eure, présente un plan carré de 21,70 m de côté, avec des murs épais de 4,10 m et, en élévation, deux niveaux séparés par un plancher. Sous ce plancher¹, dans l'angle sud-ouest du donjon, le mur est renforcé par un dispositif en bois, probablement plus complexe que ce que l'arrachement du parement ne montre actuellement (pl. 1). Situé à seulement 35 cm du parement externe, ce dispositif comprend deux poutres entrecroisées, l'une de 32 x 34 cm de section, sur 5,08 m de long à l'ouest et l'autre de 33 x 20 cm sur 7,25 m au sud. Le négatif de la longrine sud, aujourd'hui disparue, suggère qu'elle était soit composée de deux bastaings superposés de 33 x 12 cm et de 33 x 5 cm de section, ce qui paraît peu probable vu leur longueur, soit qu'elle était rainurée sur ses flancs. Dans ce cas, il pourrait s'agir d'un réemploi, probablement d'un ancien entrain puisque ce type de pièce, dans une église notamment, est parfois rainuré sur les flancs pour l'insertion d'un plafond². Les analyses dendrochronologiques, réalisées par le laboratoire de Rennes en 2006 sur la longrine conservée dans le mur ouest, ont permis d'avancer une date d'abattage entre 1107 et 1122³. Vu l'absence de trace de réemploi sur cette poutre, cette proposition de datation peut correspondre à la construction du donjon.

En raison de la position excentrée de ces pièces, il est probable que d'autres bois renforcent le mur, au centre ou vers le parement interne. Ces deux poutres ne se prolongeaient pas au-delà de leur extrémité. Elles sont isolées et la pièce ouest vient s'arrêter contre la voussure d'une baie. Même si d'autres poutres reprennent plus loin ce cours, on peut difficilement parler d'un chaînage, dans le sens d'une armature continue destinée à empêcher l'écartement de deux murs, mais plutôt d'un renfort localisé à des maçonneries réclamant un soutien ponctuel. Il peut s'expliquer ici en raison de

1 D'après les ancrages des poutres dans les murs, ce plancher était constitué de solives de 35 x 54 cm, espacées de 40 cm, posées de chant sur trois sommiers transversaux de 34 x 45 cm, deux plaqués contre les murs nord et sud, et un médian.

2 On rencontre des entrains rainurés sur l'église abbatiale de Saint-Martin-de-Boscherville (76) vers 1125 ou sur la chapelle Saint-Lazare de Gisors (27) au début du XIIe siècle.

3 Ces analyses ont été réalisées sur les échantillons prélevés par le laboratoire de Besançon en 1996. Elles ont permis également de situer l'abattage des bois situés en partie sommitale du donjon entre 1153 et 1168, correspondant vraisemblablement à la phase de reprise de l'ensemble du donjon (perçement des grandes baies de l'étage, pose d'un hourd, comblement des galeries...).

l'évidement des murs au niveau supérieur pour l'aménagement de passages et de réduits, susceptibles de fragiliser la stabilité des maçonneries. Il est probable qu'il soit lié à la présence d'un avant-corps en bois, situé contre la face sud du donjon et dont l'ancrage des poutres s'observe de part et d'autre des ouvertures.

Ce type de dispositif très localisé s'observe aussi sur le shell-keep de **Vatteville-la-Rue** en Seine-Maritime, du second quart du XII^e siècle⁴, au niveau de son entrée principale, orientée vers la basse-cour. A l'angle de cette porte, le mur d'enceinte est renforcé, au centre et à mi-hauteur, par un bois de section circulaire de 24 cm de diamètre, long de 2,50 m au moins (fig. 1). Il ne s'assemble à aucune autre pièce, ni longitudinalement dans son prolongement dans le mur d'enceinte, ni transversalement à d'autres bois. Le fait qu'il n'était pas prévu d'être assemblé explique peut-être qu'il fut utilisé à l'état de grume, sans équarrissage préalable. Les nombreuses lézardes qui entrecoupent le shell-keep en plusieurs endroits, sur toute la hauteur du mur, montrent que ce dispositif est isolé et qu'aucun chaînage ne suit le pourtour de l'enceinte. A proximité de l'entrée, le mur présente plusieurs logements transversaux pour des poutres destinées à la charpente d'un bâtiment qui venait s'y adosser. Le logement de ces pièces équarries de 14 x 14 cm de section est systématiquement parementé (fig. 2), permettant ainsi l'insertion du bois et donc la mise en place de la charpente après la construction du mur, contrairement au dispositif précédent où le bois est directement noyé dans le blocage, pris dans le mortier au moment même de la construction du mur (fig. 1). Ces logements parementés supposent que l'implantation des charpentes des constructions adossées à l'enceinte était prévue dès la conception du shell-keep, selon un projet global incluant la structure des charpentes des bâtiments à l'enceinte.

La présence d'une armature en bois uniquement dans une portion bien localisée d'une enceinte se rencontre également au château de **Breteil-sur-Iton**, dans l'Eure, où plusieurs pans effondrés de la muraille permettent de suivre le cours de ces bois. Cette enceinte, qui circonscrit une vaste plate forme sur laquelle s'adosse une basse cour fossoyée, présente un mur d'une largeur de 3,30 m environ et une hauteur conservée de 2,50 m seulement. Sur une partie seulement de l'enceinte, les maçonneries sont renforcées à 1 m de hauteur des fondations, par deux à trois poutres parallèles équarries (pl. 2), de 26 x 19 cm à 29 x 29 cm de section, de 5 m de long minimum. Ces longrines ne constituent pas un cours continu puisqu'elles ne sont pas assemblées aux extrémités. Là aussi on ne peut pas parler de chaînage mais plutôt d'une armature ponctuelle, associée ici au renfort des fondations. En effet, sur cette portion de l'enceinte, le mur repose à même le sol sur un radier en bois constitué d'une succession de poutres, transversales au mur, équarries de 20 x 20 cm en moyenne, et espacées irrégulièrement de 0,20 m à 1,20 m. On peut observer que le sol, sur lequel le mur repose, a été nivelé de façon assez grossière, préservant des couches d'occupations antérieures, avec des différences de niveaux qu'épouse le radier. Le mur d'enceinte ne présente donc aucune fondation maçonnée enfouie, sinon ce radier en bois qui suit les dénivellations d'un sol approximativement préparé (pl. 3). Sur les autres portions de l'enceinte, dépourvues d'armature et de radier en bois, le mur est également posé à même le sol, sans fondation apparente⁵. Ce radier associé à l'armature en bois apparaît donc comme un renforcement ponctuel de l'enceinte qui peut s'expliquer soit par une instabilité présumée du sous-sol, soit pour conforter la défense de ce mur, peut-être plus exposé que les autres parties de l'enceinte ou structurellement affaibli par des aménagements associés aujourd'hui disparus.

Les systèmes d'ossature en bois observés au château de **Montfort-sur-Risle**, dans l'Eure, répondent à des principes constructifs visiblement différents. Ce château possède un donjon quadrangulaire érigé dans la première moitié du XII^e siècle au cœur d'une vaste enceinte polygonale maçonnée, flanquée de

4 Flambard Héricher A.-M., *Le Shell Keep du "Vieux Château" de Vatteville-la-Rue (Seine-Maritime)*, Actes de la table ronde archéologique de Dieppe 17-18 septembre 1996, Proximus, n°2, p. 169-177.

5 Cette absence de fondation pour un mur d'enceinte a aussi été observé à Montfort-sur-Risle (27), présenté ci-après.

six tours⁶. La tour d'angle en éperon située au nord de l'enceinte apparaît comme une adjonction tardive, peut-être du XIV^e siècle (pl. 4). Elle succède à une tour, vraisemblablement du XIII^e siècle, dont un tronçon a été réintégré au flanc ouest de la tour actuelle. Ce tronçon, conservé jusqu'à la hauteur du premier étage, possède au rez-de-chaussée une archère qui justifie peut-être la préservation de ces maçonneries lors de la reconstruction de la tour au XIV^e siècle. On constate que la tour du XIII^e siècle s'adosse contre l'enceinte, sans faire corps avec elle, suggérant qu'elle fut rajoutée postérieurement à la construction de l'enceinte.

La partie la plus tardive de cette tour d'angle présente sur plusieurs niveaux des réseaux de poutres noyées dans la maçonnerie, qui ne pénètrent ni dans la partie primitive de la tour, ni dans le mur d'enceinte, confirmant en partie sa chronologie constructive. Les deux réseaux ayant pu faire l'objet d'un relevé se situent au premier niveau de la tour, le premier à la hauteur du plancher de sol, le second, à 1,40 m au-dessus, à la hauteur de l'archère. Ces deux réseaux sont similaires dans leur structure comme par le type de bois utilisé. Il s'agit de pièces équarries de 23 x 26 cm de section pour les plus grosses à 17 x 22 cm pour les plus petites, posées à plat pour les sections rectangulaires. Chaque mur de l'éperon possède un réseau constitué de deux longrines parallèles, de 6,70 m pour les plus longues, reliées entre elles par des croisillons et des traverses obliques ou orthogonales. A la pointe de l'éperon, les longrines s'entrecroisent perpendiculairement pour chaîner les deux murs. On constate que les étrésillons (traverses et croisillons) étaient assemblés à mi-bois aux longrines et que, de ce fait, ils sont disposés dans un plan légèrement surélevé à celui des longrines. Cette différence de niveau permet de limiter la profondeur des entailles à mi-bois et garantit ainsi une meilleure résistance des longrines. D'autre part, les étrésillons du premier niveau sont assemblés sans débord, contrairement à ceux du second niveau qui dépassent les assemblages de 20 à 25 cm, ce qui assure aux assemblages à mi-bois une plus grande stabilité.

Toutes les pièces sont noyées dans les maçonneries et aucune d'entre elle ne sert à la fixation d'un plancher. Ce dernier, pour le "rez-de-chaussée", repose sur un ressaut du mur tandis que les solives du plancher de l'étage sont ancrées dans les murs à 80 cm au-dessus du réseau supérieur, et sans aucun lien avec un autre réseau interne. Planchers et réseaux fonctionnent donc bien distinctement. On observe que d'autres réseaux en bois sont présents dans les maçonneries de l'étage de la tour mais, faute d'échafaudage, il n'a pas été possible de les relever.

Les deux réseaux du rez-de-chaussée témoignent d'un niveau de technicité relativement avancé pour une armature de maçonnerie avec ses systèmes d'étrésillonnement par croisillons et traverses obliques, le chaînage d'angle des longrines, les sections importantes des bois, et l'attention portée à la stabilité des assemblages (débords des bois, différence de plan). Il faut aussi souligner que ces réseaux sont présents sur plusieurs niveaux de la tour, tous très rapprochés entre eux. Par la densité de ces réseaux, leur proximité en hauteur, et surtout par le fait que ce dispositif couvre l'intégralité de la construction, cette ossature semble vouée à renforcer le caractère défensif de la tour. La forme même de cette tour, avec un plan en éperon, est appelée à répondre aux progrès de l'artillerie au XIV^e siècle et il semble que la présence de cette armature en bois, dense et solidement constituée, soit destinée à renforcer la résistance des murs pour mieux amortir et encaisser le choc de projectiles. Sa répartition sur plusieurs niveaux de la tour et sur toute son assise contribue également de lutter contre l'effet des sapes et des mines, en empêchant l'ouverture de brèches par la cohésion de l'ensemble des maçonneries. Il n'est toutefois pas interdit de penser que cette ossature a pu aussi contribuer à stabiliser les murs au cours de sa construction en raison peut-être de la célérité du chantier, des contraintes liées au séchage du mortier, et aussi du fait de son adjonction à l'enceinte, sans chaînage d'angle et sur un terrain en forte pente.

Le mur d'enceinte présente au nord une autre tour flanquée qui aurait subi le même type d'aménagement, en moins complexe toutefois, vers la même période (pl. 5). La tour dite Saint-Nicolas, qui abritait une chapelle placée sous ce vocable, présentait un plan quadrangulaire et semble appartenir

6 Philippe-Lemaître, Histoire du château et de l'église de Montfort-sur-Risle (Eure), *Bulletin monumental*, 21, 1885, p. 537-594. et Fichet de Clairfontaine F., *La famille de Montfort-sur-Risle et ses possessions du Xe au XIII^e siècle*, Mémoire de maîtrise d'histoire, Université de Caen, ex. dactyl, 1981-1982.

à la même phase de construction du mur d'enceinte ou à une phase légèrement plus tardive, au plus tard, du XIII^e siècle. A une époque indéterminée, la tour est démantelée sur trois côtés et, vraisemblablement au XIV^e siècle, un éperon triangulaire lui est adjoint sur toute sa hauteur. Aucune ouverture ne perce cet éperon sur les 9 m d'élévations conservées, sauf peut-être au niveau du sol actuel où l'ébrasement d'une probable ouverture est conservé. Il semble que ce mur plein en éperon soit destiné là aussi, comme d'autres tours en éperon construites au XIV^e siècle en Normandie, à répondre à l'évolution rapide de l'artillerie et aux nécessités d'adapter la défense aux progrès des armes à feu.

A mi-hauteur de la tour, les maçonneries conservent le négatif d'un réseau de poutres servant d'armature au mur-éperon. Il est constitué de trois poutres de forte section, disposées en éventail à partir d'une longrine, de 27 x 27 cm de section, placée à la jonction de l'éperon et des vestiges de l'ancienne tour. Cette longrine a été "greffée" sur le flanc des maçonneries préexistantes de l'ancienne tour, en creusant le mur sur une dizaine de centimètres afin que ce dispositif puisse faire corps avec son support même si on conçoit bien que cette greffe ne peut être très efficace en raison de sa faible pénétration. Là aussi, les poutres ont été noyées dans le mur au cours de sa construction, et aucune d'entre elles ne débouchait en parement pour servir à d'éventuelles structures (plancher, passerelle, hourd). Il semble qu'il n'y ait pas d'autre réseau en bois dans la tour que celui-ci. Contrairement au précédent cas, il est difficile ici de concilier la forme de ce réseau avec un renforcement défensif de l'éperon, pour l'aider à amortir l'impact de projectiles. Il est isolé et ne comporte pas de pièce longitudinale aux parements, plus à même de résister aux chocs. Ce dispositif pourrait dès lors avoir servi lors de la construction de la tour pour la chaîner à mi-hauteur afin de stabiliser les maçonneries en cours de séchage, éviter d'éventuelles déformations liées aux fondations, non prévues initialement pour cette adjonction, et l'ancrer au pan de mur de l'ancienne tour en cas d'affaissement.

Le dispositif observé qui se rapproche le plus d'un véritable chaînage concerne le shell-keep de **Gisors**, dans l'Eure. Construit par Henri I^{er} Beauclerc vers 1123⁷, ce shell-keep se présente comme une enceinte annulaire polygonale, de 24 m environ de diamètre, avec des murs épais de 2,25 m et de 6 m de haut, flanqués de contreforts plats et d'au moins une petite tourelle au nord (pl. 6). Il est assis sur une motte artificielle érigée 30 ans plus tôt, vers 1096, sur laquelle devait s'élever un ouvrage en bois. A l'intérieur de cette enceinte, des bâtiments s'adossaient aux murs, notamment une église en pierre à l'est et un édifice en bois au sud, probablement à usage de cuisine en raison de l'évier et des deux niches contenus dans les maçonneries. Plus tardivement, une tour polygonale de quatre niveaux est venue s'adjoindre au nord de l'enceinte⁸, avec une tourelle d'escalier rajoutée au XV^e siècle.

De ce que l'on peut en juger au travers des arrachements du parement, un réseau de poutres noyées à l'intérieur du mur du shell-keep suit le pourtour de l'ouvrage (pl. 7). Il est placé à 2,20 m du sol actuel, qui correspond à peu près au niveau du sol médiéval en raison des décaissements réalisés au XX^e siècle. Ce réseau de poutres n'est pas continu puisqu'il s'interrompt au niveau de la porte principale, d'un oculus et vraisemblablement des couloirs intra-muros, au nord. Il est constitué d'un double cours parallèles de poutres équarries de forte section, variant de 21 x 27 cm à 40 x 33 cm, et longues de 4,90 m maximum. Certaines d'entre elles ont été sélectionnées dans des bois tors afin de suivre au mieux la courbure de l'enceinte. Dans la partie observée au sud de l'enceinte, les bois sont disposés en quinconce et ne sont donc pas assemblés bout à bout. On observe la suite de ce double cours de longrines au nord-est de l'enceinte et, en partie, au nord-ouest dans l'ouverture du couloir.

Sur ces longrines, d'autres pièces de bois équarries, de section très variées mais plus réduites, sont disposées transversalement au mur, tous les 3 m environ. Ces traverses sont parfois posées directement sur les longrines, sans assemblages, ou bien à quelques centimètres au-dessus d'elles, sur une fine couche de mortier les séparant. Comme les longrines, ces traverses sont noyées dans le mur et ne débordent jamais du parement interne ou externe. Elles ne participent donc ni aux échafaudages, ni à

7 Mesqui J. et Toussaint P., "Le château de Gisors aux XII^e et XIII^e siècles", dans *Archéologie Médiévale*, t. XX, 1990, p. 253-317 et Decaens J., "Le château de Gisors" dans *L'architecture normande au Moyen Age*, Actes du colloque de Cerisy-la-Salle, septembre 1994. ed. Ch. Corlet, 1997, vol. 2, p. 280-282.

8 Une étude de B. Lepeuple, doctorant à l'université de Rouen, est en cours sur le château de Gisors, notamment sur le phasage des constructions du shell-keep qui tendrait à reconsidérer l'antériorité de la tour sur l'enceinte.

la charpente de la cuisine qui s'adossait à l'enceinte en cet endroit. Ces pièces transversales sont en fait composites : leurs négatifs pris dans le mortier montrent que certaines d'entre elles sont composées de deux bois de 7 x 16 cm juxtaposés et que d'autres sont des bois de réemplois. En effet, pour l'une de ces traverses, de 14 x 27 cm de section, la prise du mortier a conservé la forme d'une mortaise et de son trou de cheville, dont lesquels le mortier encore liquide s'était introduit, et que la décomposition du bois découvre aujourd'hui. Ce réseau de traverses se poursuit également, comme les longrines, sur le pourtour de l'enceinte, notamment au nord-est du shell-keep où les arrachements du parement en révèlent l'existence.

Ces deux réseaux superposés de longrines et de traverses sont parfaitement de niveau sur l'ensemble de l'enceinte. Par ailleurs, on constate que l'arase supérieure des traverses correspond précisément à un changement très net de la composition du mortier, visible sur le pourtour complet de l'enceinte, bien que les parements demeurent identiques au-dessus comme au-dessous de cette limite. Notons également que cette limite coïncide avec la mi-hauteur du mur. Il semblerait donc que ces traverses matérialisent un arrêt du chantier de construction de l'enceinte, peut-être pour une courte période, et qui suppose, dans les limites de l'interprétation actuelle, et dans l'attente de relevés plus précis, que le mur d'enceinte ait été réalisé rapidement en deux campagnes consécutives, avec un arrêt de chantier vraisemblablement en hiver.

Si les observations du chaînage demeurent partielles, elles suffisent néanmoins pour considérer ces réseaux de poutres longitudinales et transversales comme un dispositif homogène, réalisé pour l'ensemble du shell-keep et faisant partie intégrante de la conception de l'ouvrage. En dépit de la discontinuité du cours des longrines et de l'absence d'assemblage, ce chaînage possède, par la forte section des bois et du doublement de leur cours, la résistance requise pour apporter au mur un raidissement efficace afin de prévenir toute éventuelle fissure des maçonneries. Cette précaution peut avoir trois raisons d'être. La première peut être liée à l'instabilité supposée d'un mur de plus de 6 m d'élévation dépourvu de raccord maçonné (retour d'angle rapproché, mur de refend, tourelle). La deuxième raison repose sur le fait que le shell-keep est construit sur une motte artificielle, certes levée 30 ans plus tôt, mais qui n'était pas prévue originellement pour supporter un ouvrage de pierre. Il aurait été prudent alors d'envisager un renfort interne des murs pour obvier à de possibles tassements des terres. D'ailleurs, il est intéressant de noter l'absence de véritable chaînage au shell-keep de Vatteville-la-Rue (76), identique et contemporain de celui de Gisors, liée peut-être au fait qu'il repose directement sur le substrat géologique et non sur une motte artificielle. Mais dans ce cas, pourquoi le chaînage se situe à 2,20 m du sol et non au plus près des fondations ?

Peut-être ces fondations sont-elles également chaînées ?

La troisième explication tient compte de la longue durée de séchage du mortier au cœur d'un mur de plus de deux mètres d'épaisseur⁹ et de l'hypothèse d'un chantier réalisé rapidement en deux campagnes rapprochées, l'une pour la moitié inférieure du mur d'enceinte jusqu'au niveau des traverses, l'autre pour la partie supérieure. Il serait alors probable que les maçonneries du mur inférieur n'étaient pas suffisamment stables pour asseoir le mur supérieur. Le réseau de traverses disposées sur le chaînage longitudinal, juste à la limite d'arrêt de chantier, aurait pu alors joué un rôle stabilisateur pour la base du mur construit au-dessus. Selon le principe du radier, ce dispositif aurait assuré une répartition homogène des charges sur le mur inférieur dont le mortier était en cours de séchage.

En dehors de la Normandie, des systèmes de chaînage et de raidissement des murs ont aussi été observés dans l'architecture militaire des XIIe-XIIIe siècles en Bretagne¹⁰, dans la Drôme¹¹ ou dans l'Yonne dans les donjons de Saint Vérain et de Druyes-les-belles-fontaines sous la forme de cours continus de poutres équarries, parfois assemblées au solivage des planchers. Ils ont aussi été observés

9 Le chantier expérimental de Guédelon (89) de construction d'un château, selon un modèle du début du XIIIe siècle, a démontré que les maçonneries de deux mètres d'épaisseur de l'étage inférieur d'un donjon mettaient au moins deux ans à sécher.

10 Cucarull J., " Le bois comme élément de renfort de l'architecture militaire. Réflexion à partir de trois exemples bretons " dans *Le bois dans le château de pierre au Moyen Âge*. Actes du colloque de Lons-le-Saunier, 23-25 octobre 1997, Presses Universitaires Franc-comtoises, 2003, p. 205-213.

11 Estienne M.-P., " Les chaînages de bois du donjon de Verclause (Drôme) " dans *Le bois dans le château de pierre au Moyen Âge*. Actes du colloque de Lons-le-Saunier, 23-25 octobre 1997, Presses Universitaires Franc-comtoises, 2003, p. 257-261.

en Angleterre¹² comme en Allemagne¹³.

Un parallèle peut être fait avec ce que l'on observe dans l'architecture religieuse où de tels systèmes sont fréquents du XI^e au XIII^e siècle, notamment pour chaîner une tour. La tour-clocher quadrangulaire de l'église romane de Chapaize en Saône-et-Loire est ceinturée sur deux niveaux, en partie inférieure, par un chaînage en bois daté par dendrochronologie de 1036-1066¹⁴. De même, la tour nord du XIII^e siècle, aujourd'hui démontée, du massif occidental de l'église abbatiale Saint-Denis, présentaient plusieurs chaînages en bois qui ceinturaient la tour à différents niveaux, avec pour l'un d'eux des assemblages à des tirants traversants¹⁵. Noyés dans les maçonneries, ces chaînages permettaient de résister à l'ouverture des murs sous la poussée des étages supérieurs et probablement pour renforcer leur stabilité dans l'attente du séchage du mortier.

Les vaisseaux des églises peuvent également être raidis comme la nef du début du XII^e siècle de la petite église Saint-Pierre de Thaon dans le Calvados¹⁶ où les gouttereaux sont renforcés par des longrines, noyées dans les maçonneries et placées longitudinalement au-dessus des grandes arcades. De tels raidissements longitudinaux placés au cœur de murs d'églises ont aussi été relevés en Allemagne¹⁷.

Dans le cas où des voûtes couvrent les édifices, ces chaînages sont parfois associés à des tirants, tendus à travers les vaisseaux pour pallier leurs poussées et lutter contre l'écartement des supports. On en observe à l'abbatiale Saint-Philibert de Tournus, en Saône-et-Loire, vers 1075-1100¹⁸ et à la cathédrale du Puy-en-Velay sur une chapelle du XI^e siècle couverte d'une voûte en berceau, et sur la nef, du milieu du XII^e siècle, au départ de voûtes en coupoles¹⁹. Ils se rencontrent aussi au début du XII^e siècle sur la nef de l'église abbatiale de Vézelay, où les tirants en bois, ancrés à des crochets en fer au sommet des piles, à la naissance des voûtes, venaient se raccorder au chaînage en bois qui courait à l'intérieur des gouttereaux. Ces tirants ne furent pas efficaces puisque les murs s'écartèrent sous la poussée des voûtes et des arcs-boutants furent alors construits à la fin du XII^e siècle pour pallier leur déformation²⁰.

Ce système de tirants en bois est quasi universel puisqu'il se retrouve aussi bien en Sicile, en Italie, dans nombre d'églises romanes, comme celle de San Fosca de Torcello, que dans l'architecture byzantine et islamique telle la Mosquée du Vendredi d'Ardestan en Iran à l'époque seldjoukide (Xe-XIII^e s.). L'architecture gothique emploiera fréquemment ce dispositif pour la construction immédiate des voûtes, en plaçant les tirants en bois à la naissance des arcs doubleaux des croisées d'ogives, comme dans les cathédrales de Chartres, de Reims, de Soissons, de Tours, de Paris ou d'Amiens²¹. Dans de nombreux cas, il s'agit de dispositifs provisoires placés dans l'attente de l'achèvement définitif de l'édifice et de la mise en tension de tous les organes de poussées et de contrebutement (voûtes, arcs-boutants, charpente), non encore construits. Le développement de la métallurgie au XIII^e siècle permettra de remplacer peu à peu ces pièces de bois par des éléments métalliques, pour renforcer les

12 Wilcox R., " Timber Reinforcement in Medieval Castles " dans *Château Gaillard, colloque de Hindsgavl*, Danemark (1970), vol. V, Caen, 1972, p. 193-202.

13 Binding G., " Holzankerbalken im Mauerwerk mittelalterlicher Burgen und Kirchen " dans *Château Gaillard, colloque de Bad Muenstereifel*, RFA, 1976, p. 69-77.

14 Sapin C., " Dendrochronologie et architecture monumentale dans le Haut Moyen Âge ; problèmes spécifiques " dans Lambert G.-N. et Maurice B. (dir.), *Les veines du temps, lecture de bois en Bourgogne*, catalogue d'exposition, Musée Rolin, Autun, 1992, p. 159-175.

15 Wyss M. (dir.), 1996, *Atlas historique de Saint-Denis. Des origines au XVIII^e siècle*. Documents d'Archéologie Française, t. 59, 1996, p. 66.

16 Delahaye F., " Thaon, église Saint-Pierre " dans *Archéologie Médiévale*, t. 30-31, 2000-2001, p. 272.

17 Binding 1976, p. 74.

18 Sapin 1992, p. 170.

19 Galland B. et Manciulescu S. "Le Puy-en-Velay, cathédrale Notre-Dame" dans *Monumental*, n°22, 1998, p. 84-87.

20 Viollet-le-Duc E., *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^e au XVI^e siècle*, 1854-68, 10 vol., B. Bance, Paris, réédition 1998, p. 52.

21 Prache A. " L'emploi du bois dans la construction des cathédrales au XIII^e siècle " dans *Le bois dans l'architecture*, Actes du colloque de la Direction du Patrimoine de novembre 1993 tenu à Rouen, t. 14, 1995, p. 34-37 ; Erlande-Brandenburg A., " L'architecture rayonnante et le métal " dans *Les Dossiers d'Archéologie*, n° 219, décembre 1996-janvier 1997, p. 46-53.

murs face aux poussées des voûtes mais aussi pour résister aux nouvelles contraintes de l'architecture gothique comme les poussées latérales des charpentes, l'amincissement des murs ou l'ouverture de grandes verrières. Le métal fut dès lors employé pour des chaînages ceinturant les édifices (chevet de Notre-Dame de Paris, Sainte-Chapelle, cathédrale de Bourges, de Coutances), pour des tirants jetés à travers les vaisseaux ou au-dessus des voûtes (Saint-Leu d'Esserent, cathédrale de Coutances, du Mans et Sainte-Chapelle de Paris), et pour renforcer certaines structures de l'édifice comme des arcs-boutants (cathédrale de Beauvais, chevet de Saint-Denis), des grandes rosaces (cathédrales de Paris, Carcassonne, Strasbourg) et des nervures de voûtes (Sainte-Chapelle de Paris)²² et ce jusqu'au XIV^e siècle.

Conclusion

Les quelques exemples de systèmes de raidissement architectonique présentés ici témoignent d'une relative diversité du principe d'application du "mur armé", que ce soit au XIII^e qu'au XIV^e siècle en Haute-Normandie. Ces dispositifs peuvent être localisés dans des parties isolées d'enceinte, avec parfois des bois utilisés à l'état de grumes, ou bien couvrir l'ensemble d'une construction avec des réseaux chaînés et assemblés. Le cas de Gisors montre que ces armatures peuvent se dispenser d'assemblage et que la seule juxtaposition d'épaisses longrines suffit parfois pour constituer une ossature structurée. Ce dernier exemple témoigne aussi de l'emploi de bois courbes, sélectionnés sur pied, pour adapter au mieux ces réseaux à la forme du mur. L'utilisation de bois de réemploi semble attestée à Brionne et à Gisors, ce qui pose la question de la validité des datations dendrochronologiques attribuées aux monuments dont les bois n'auraient pas fait l'objet d'observations archéologiques au préalable des analyses.

La fonction de ces dispositifs semble spécifique à chaque édifice et se rattache, dans la plupart des cas, à la volonté de renforcer la stabilité des murs. Cette nécessité procède parfois d'un défaut de fondation comme à Breteuil-sur-Iton où les longrines sont doublées d'un radier à la base du mur. Elle tient aussi du fait des reprises successives des ouvrages et des rajouts de superstructures sur des sols non prévus initialement pour ces constructions. Il faut aussi souligner le cas de Montfort-sur-Risle où ces réseaux de poutres jouent un rôle actif dans la défense d'une tour pour mieux répondre aux effets de l'artillerie et des sapes. La rapidité des chantiers d'ouvrages militaires exige également ce type de dispositif, comme peut-être à Gisors, pour remédier au temps de séchage des mortiers au cœur des murs épais. Quelles que soient leurs fonctions, ces quelques exemples confirment le fait déjà établi que la technique du "mur armé" a été abondamment utilisée et largement diffusée, aussi bien dans l'architecture militaire que religieuse. Cette technique perdure jusqu'au XIV^e siècle avec le remplacement du bois par le métal pour le chaînage pour quelques rares monuments prestigieux comme le donjon de Vincennes ou le Palais des Papes d'Avignon, et surtout pour l'architecture religieuse, dès le XIII^e siècle.

²² Erlande-Brandenburg 1997, p. 46-53 ; Ferauge M. et Mignerey P. 1996, " L'utilisation du fer dans l'architecture gothique : l'exemple de la cathédrale de Bourges " dans *Bulletin Monumental*, t. 154-II, 1996, p. 129-148 ; Taupin J.-L., " le fer des cathédrales " dans *Monumental*, n°13, 1996, p. 18-25.

Fig.1 Logement d'une longrine ce section circulaire, dans le sens longitudinal du mur d'enceinte, shell-keep de Vatteville-la-Rue (76)



Fig.2 Logement parementé d'une pièce de charpente équarrie, dans le sens transversal du mur d'enceinte, shell-keep de Vatteville-la-Rue (76)



Planche 1 : Donjon de Brionne (Eure)



Logement de la longrine sud, avec le négatif des rainures latérales de la poutre

Vue sud-ouest du donjon avec emplacement de la longrine sud

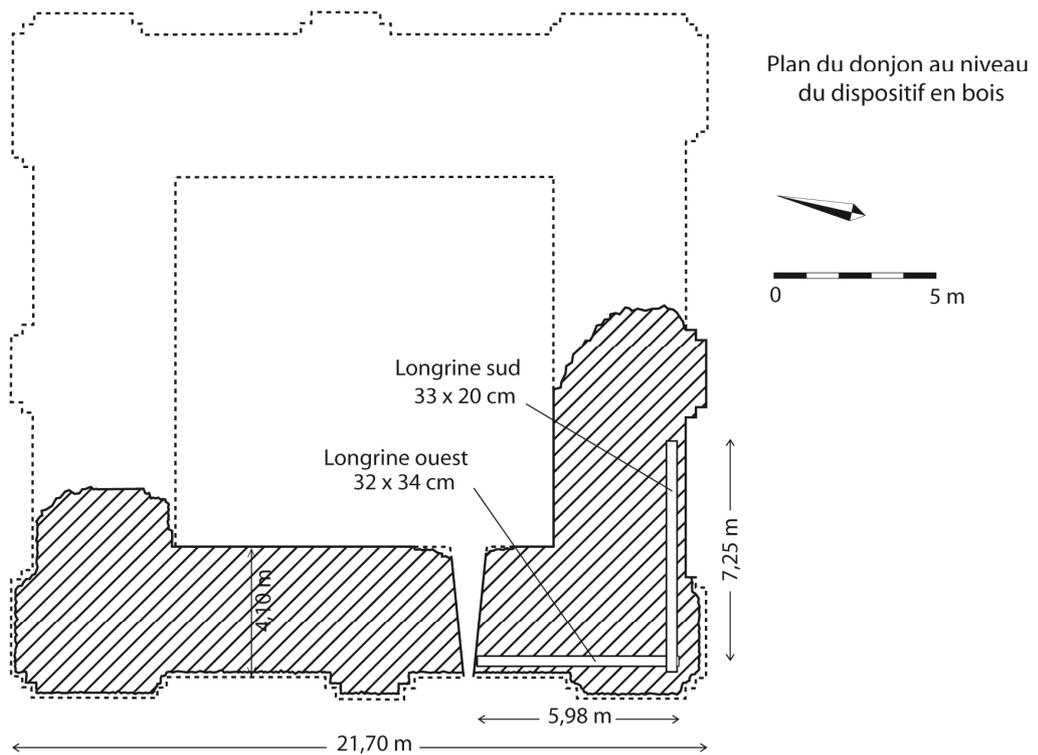


Planche 2 : Enceinte du château de Breteuil-sur-Iton (27)

Logement d'une longrine



Poutre du radier disposée près du sol

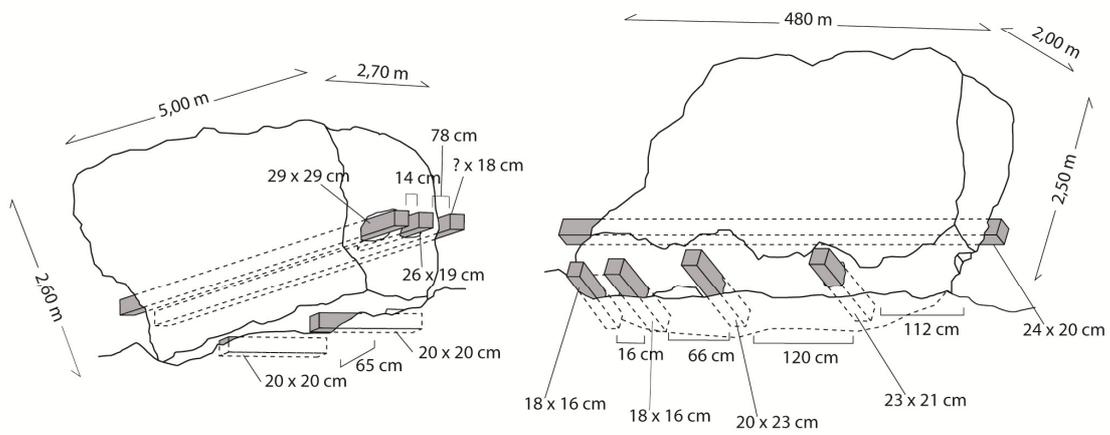
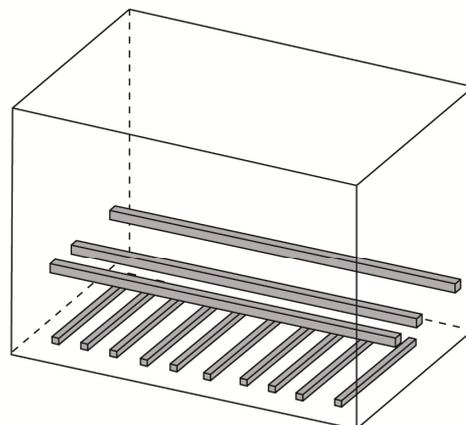


Photo-relevé avec restitution des dispositifs de renforts et du radier des murs de l'enceinte



Restitution des dispositifs

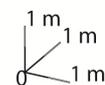


Planche 3 : Enceinte du château de Breteuil-sur-Iton (27) : radier du mur d'enceinte



Logements des pièces du radier

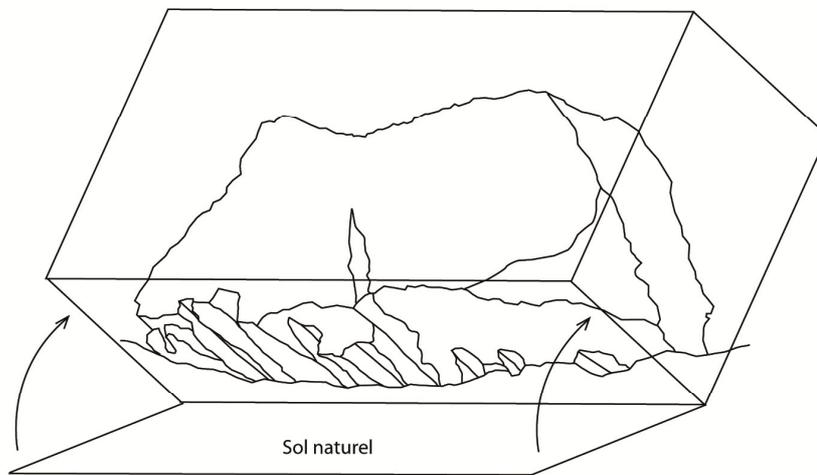
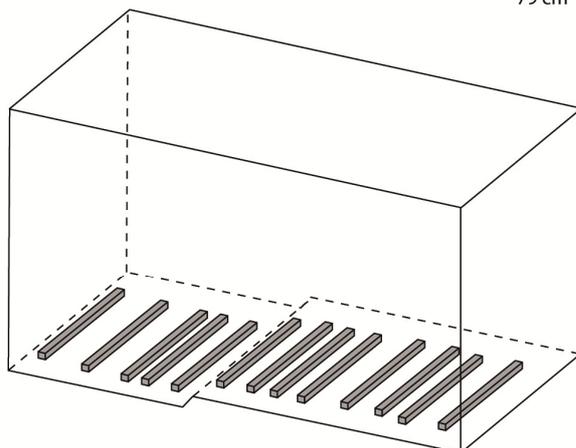
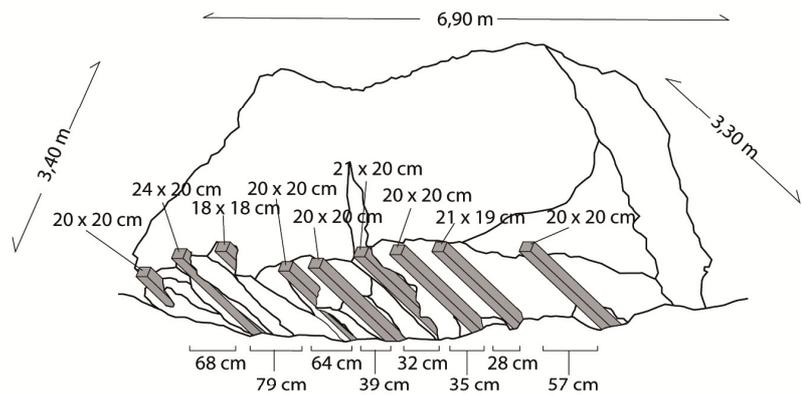


Photo-relevé du radier avec restitution des bois



Restitution du radier du mur sur une dénivellation du sol

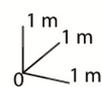
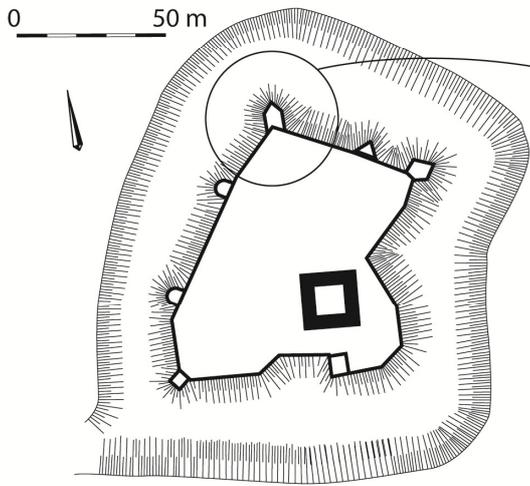


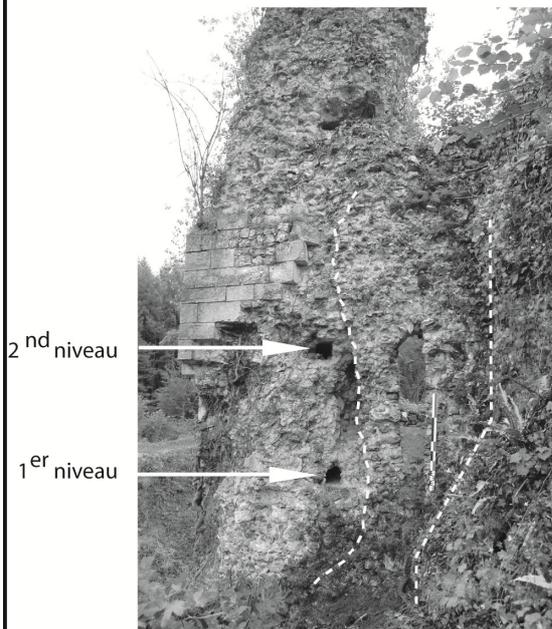
Planche 4 : Château de Montfort-sur-Risle (27) :
dispositif de raidissement des murs de la tour nord



Plan général du château
(d'après Philippe-Lemaître, 1885)



Tour nord, vue ouest depuis le fossé



Tour nord, flanc ouest, avec à droite le mur de l'enceinte, au centre les vestiges d'une tour avec son archère et à gauche la tour rajoutée.

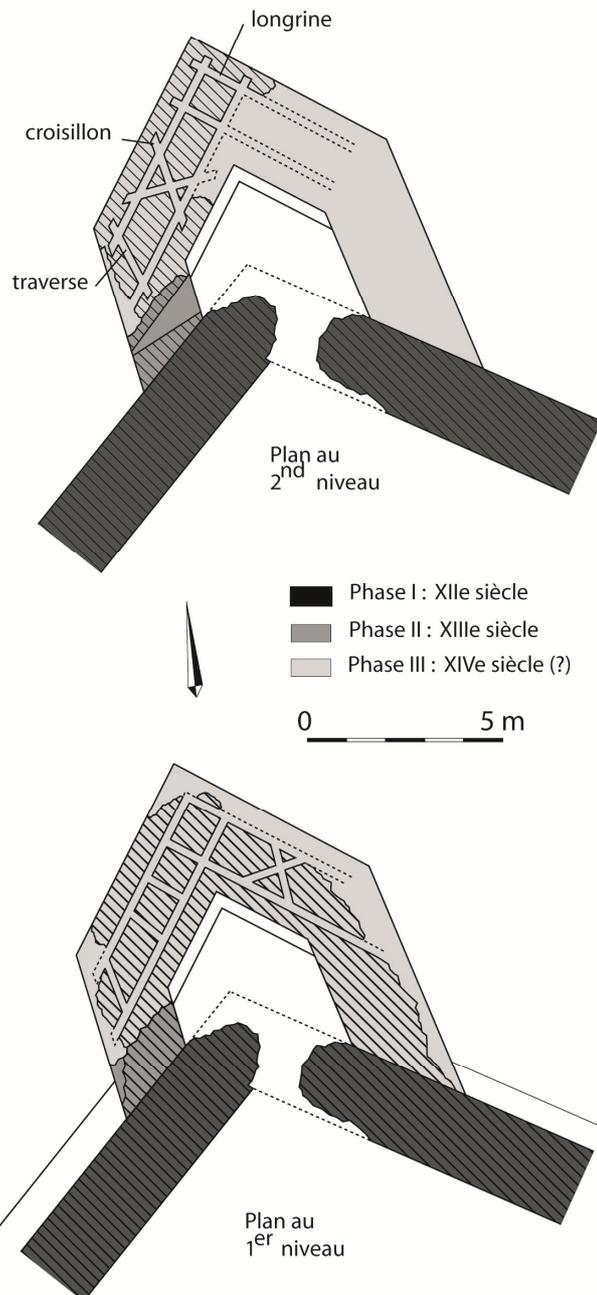
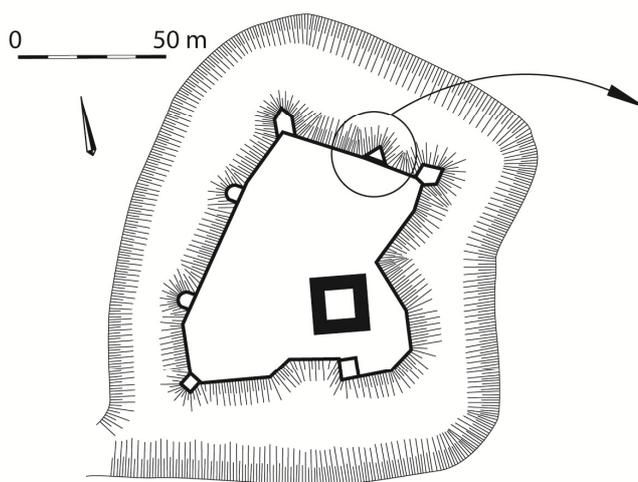
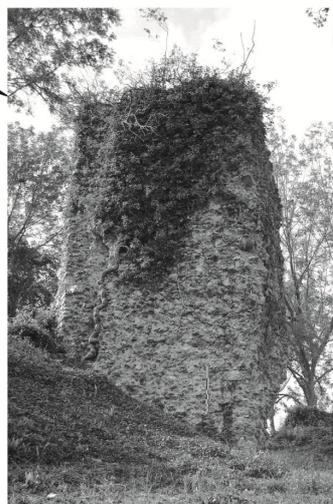


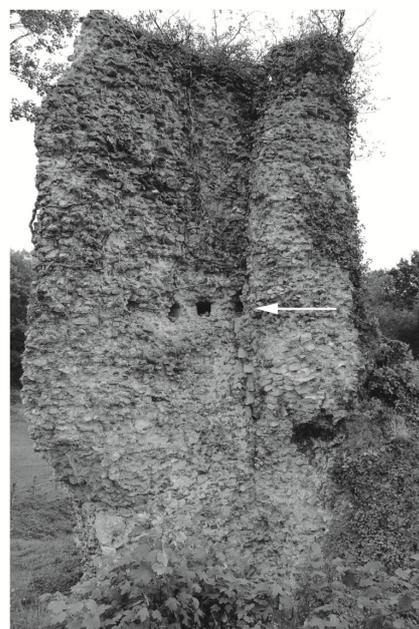
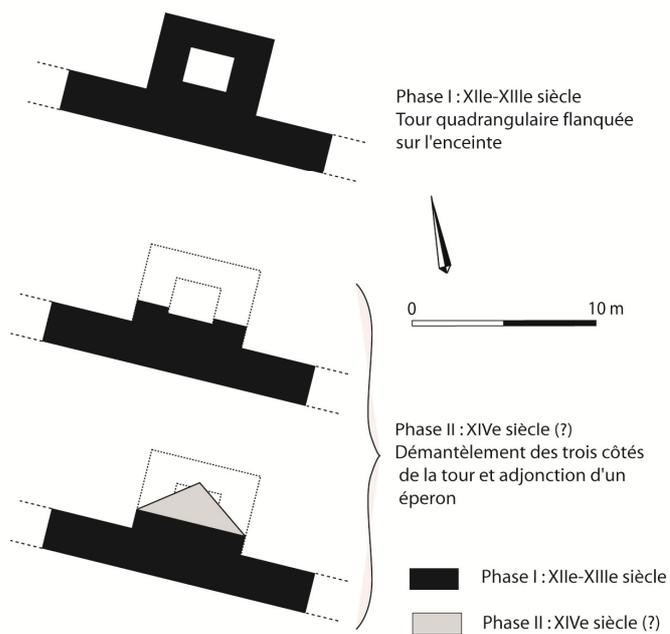
Planche 5 : Château de Montfort-sur-Risle (27) : dispositif de la tour Saint-Nicolas



Plan général du château
(d'après Philippe-Lemaître, 1885)



Tour Saint-Nicolas, vue Est
depuis le fossé



Tour Saint-Nicolas, vue sud,
avec l'emplacement des poutres
à mi-hauteur des murs

Plan actuel de la tour au
niveau de l'armature en bois

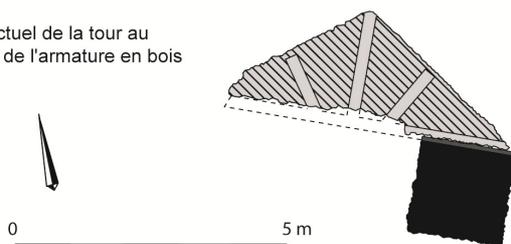
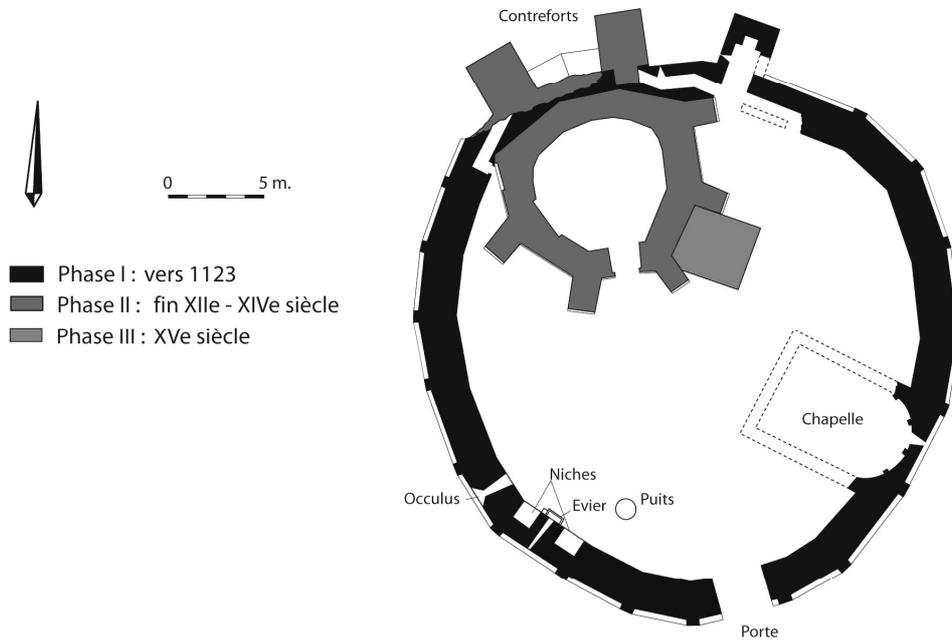


Planche 6 : Château de Gisors (27), (d'après Mesqui 1990)



Intérieur de l'enceinte, vue vers le sud avec l'entrée et les arrachements du parement à droite, révélant le chaînage à mi-hauteur du mur

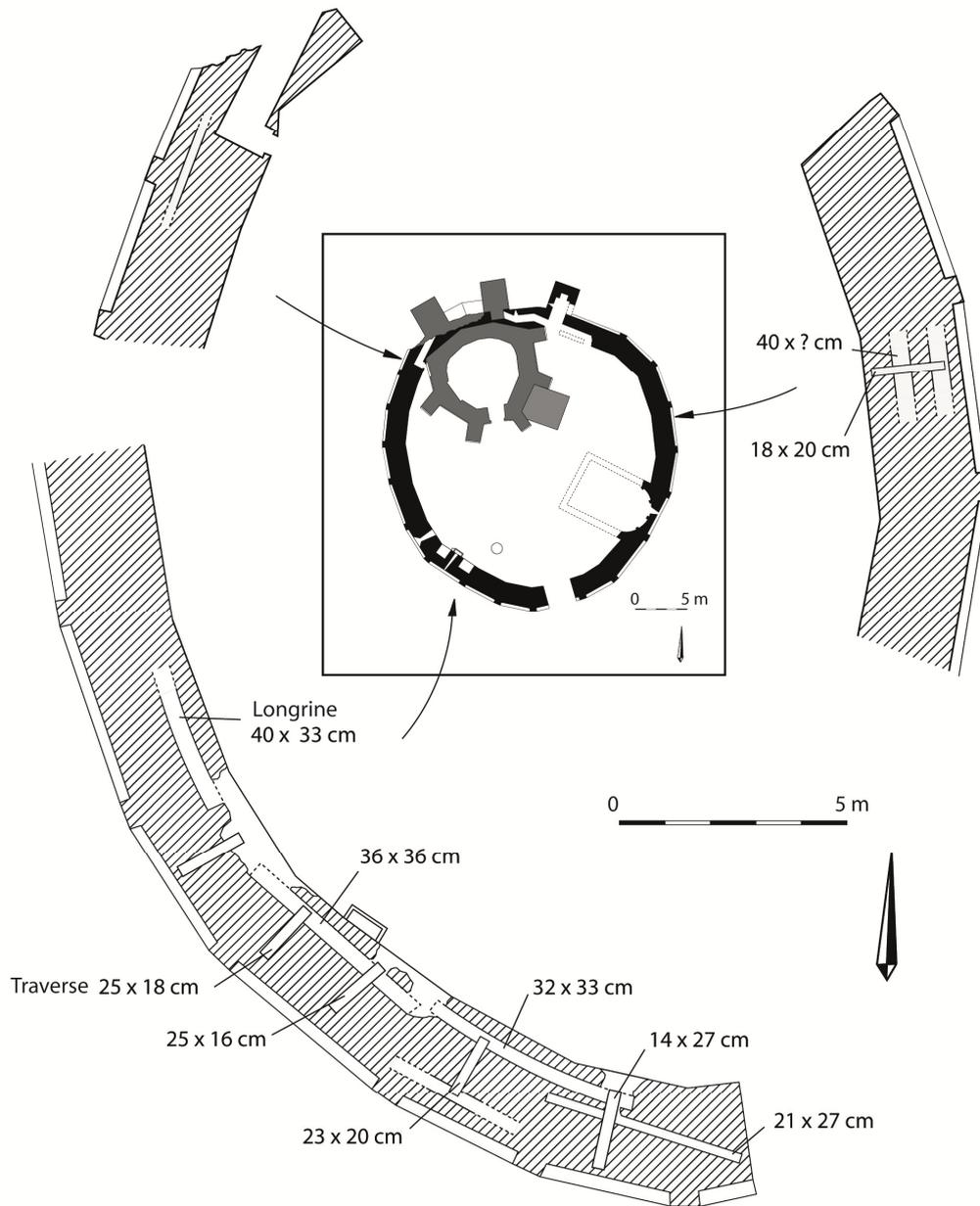
Logement d'une longrine

Logement d'une traverse

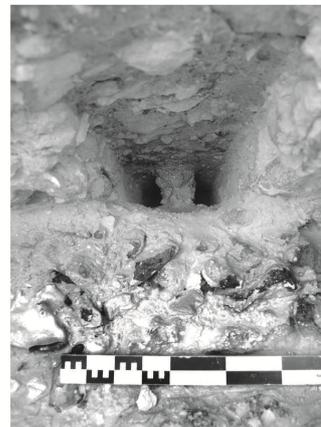


Vue des deux niches et de l'évier, avec en haut le négatif d'une longrine longitudinale au mur et d'une traverse perpendiculaire

Planche 7 : Château de Gisors (27) : plan de localisation des réseaux de bois



Logement d'une traverse avec l'empreinte au mortier d'une mortaise et d'un trou de cheville présents dans le bois



Logement d'une traverse constituée de deux bois juxtaposés