

Que sont le secret des procédés et le secret de la stratégie commerciale dans le domaine de la documentation technique du patrimoine ?

À propos d'un avis de la CADA sur les occultations de l'Atelier Chronos

Denis Roegel *

9 avril 2022

Les œuvres patrimoniales, conservées par définition pour la collectivité, ou du moins pour une certaine collectivité, sont susceptibles de faire l'objet d'interventions donnant lieu à des rapports. Ces rapports peuvent correspondre à une étude préalable, à une documentation historique, à une restauration, ou à d'autres interventions. Un certain nombre de ces rapports sont rattachés à des marchés publics et leur communication relève alors de la réglementation sur les documents administratifs. Ainsi, en principe, un rapport de restauration, ou un rapport préalable à une restauration, établis dans le cadre d'un marché public, est un document administratif public et peut être communiqué à toute personne en faisant la demande.

Néanmoins, certains documents peuvent comporter des secrets qui en limitent alors la communication. Je m'intéresse ici au secret en matière commerciale et industrielle qui s'applique typiquement aux entreprises privées travaillant dans la restauration. Je vais prendre pour exemple les occultations mises en œuvre par l'entreprise de restauration « Atelier Chronos » intervenue au Musée lorrain de Nancy, mais je vais d'abord expliciter ce que sont les rapports de restauration, les occultations qu'ils peuvent subir et les diverses notions de secret.

* Article écrit en tant que chercheur indépendant dans le patrimoine scientifique et technique et n'engageant pas mon employeur.

1 Quel est le but des rapports de restauration ?

Lorsqu'une œuvre patrimoniale est restaurée, par exemple dans un musée, un rapport est en général réalisé pour documenter le travail effectué. Ceci permet notamment d'évaluer ce travail, de connaître l'état de l'objet avant l'intervention, de faire des préconisations pour une meilleure conservation, etc. Un rapport de restauration peut (et devrait) aller au-delà de la documentation de la restauration et profiter de l'intervention pour documenter le mieux possible l'œuvre. Il ne s'agit alors plus tout-à-fait d'un travail de restauration, et l'artisan ou l'entreprise qui interviennent ne sont en général pas formés ni compétents pour faire un travail de recherche scientifique, sachant que par ailleurs la recherche scientifique est peu compatible avec les contraintes d'un marché public. La recherche doit être libre et une recherche dans le cadre d'un contrat relève plutôt de l'application de techniques déjà connues, sans véritablement entrer dans le cadre d'une vraie recherche fondamentale.

Quoi qu'il en soit, le but d'un rapport est de documenter une intervention ou une œuvre, et dans la mesure où cette œuvre est patrimoniale, ce rapport est aussi un apport au développement scientifique de l'œuvre et intéresse tous les destinataires de cette œuvre, pas uniquement les conservateurs.

Lorsqu'un mécanisme fait l'objet d'une intervention (de restauration ou simplement d'étude), il semble indispensable de faire tout ce qu'il est possible de faire pour reconstituer toute la connaissance sur l'œuvre, pour faire des plans (pas nécessairement informatiques), pour faire des relevés, pour expliquer comment l'œuvre « fonctionne » (si c'est une machine), etc., et toute cette connaissance reconstituée devrait être accessible à tous, sans discrimination et sans simplifications. Cela n'interdit pas de faire des versions plus abrégées, peut-être à des fins de médiation, mais les résultats des interventions devraient être totalement accessibles à tous. Une restauration ne devrait par exemple pas se limiter à simplement remettre une œuvre en état. À la limite, la remise en état n'est presque qu'un détail, et la documentation de l'œuvre ainsi que l'accessibilité de cette documentation sont en fait souvent plus importantes, ne serait-ce que parce que l'œuvre elle-même n'est en général que superficiellement accessible, voire pas du tout.

Rappelons enfin que les missions de la plupart des musées incluent l'accueil des chercheurs et donc aussi la communication des données sur les œuvres, communication et accueil qui sont peu compatibles avec la rétention d'information pour des recherches internes aux musées, par exemple.

2 Les occultations et leurs contraintes

Lorsque des éléments d'un rapport sur une œuvre patrimoniale sont occultés, quelles qu'en soient les raisons, ce sont en principe des éléments de l'œuvre patrimoniale elle-même qui deviennent inaccessibles à la collectivité. Il y a donc là une contradiction avec le but premier d'un rapport qui est de documenter un travail fait. À la limite, si un rapport est intégralement occulté, il n'y a plus de documentation de l'œuvre, et il n'y a plus non plus de développement de la connaissance de l'œuvre. En effet, dans ces cas-là, les rapports ne sont souvent accessibles intégralement qu'à un nombre limité de personnes, dont ceux qui les ont demandés, mais ces personnes n'ont pas, en général, les compétences pour développer le rapport ou en comprendre toutes les subtilités et lacunes. Ces contraintes inféodent alors les conservateurs aux restaurateurs, ce qui est évidemment préjudiciable aux œuvres.

Par ailleurs, on peut se demander quel sera le statut des occultations lorsque l'entreprise aura cessé d'exister. Les occultations seront-elles contrôlées par les ayants droit des fondateurs de l'entreprise ? Par le client ? Par le repreneur de l'entreprise ? Rien de tout cela n'est très clair.

Un rapport devrait en réalité être un moyen pour tous ceux qui le souhaitent d'aller plus loin, pour avancer dans la connaissance et la compréhension de l'œuvre. Il est donc essentiel que les occultations d'un rapport, le cas échéant, freinent le moins possible ce développement scientifique des œuvres, notamment en dehors des musées.

3 Les secrets selon la CADA

La CADA¹ donne des définitions du secret des procédés et des stratégies commerciales. Je la cite² :

Le secret des procédés : il protège les informations susceptibles de dévoiler le savoir-faire de l'entreprise, c'est-à-dire plus particulièrement les techniques de fabrication et les travaux de recherche, ainsi que l'ensemble des informations relatives aux moyens techniques et humains mobilisés par celle-ci (description des matériels et matières premières utilisés, nombre et qualifications du personnel, liste nominative du personnel, procédés utilisés par les vérificateurs...).

1. Commission d'Accès aux Documents Administratifs

2. <https://www.cada.fr/particulier/les-secrets-proteges-par-la-loi>

Il comprend certains secrets protégés par la loi comme le secret qui s'attache aux brevets en application de la loi du 2 janvier 1968, le secret de fabrique régi par l'article 418 du code pénal et l'obligation générale de loyauté qui s'impose aux salariés.

Le secret des stratégies commerciales : il renvoie aux décisions stratégiques de l'entreprise et à son positionnement dans son environnement concurrentiel : prix et remises pratiqués, liste des fournisseurs, politique de développement à l'exportation, raisons du retrait de la candidature de l'entreprise à un appel d'offres, dates d'ouvertures d'étals de brocanteurs.

4 Qu'est-ce qu'un procédé ?

Dans sa définition du secret des procédés, la CADA évoque le « savoir-faire » de l'entreprise, les « techniques de fabrication », les « travaux de recherche », les « informations relatives aux moyens techniques et humains mobilisés » et les brevets que l'entreprise peut détenir.

Un procédé est en fait une technique ou un moyen de faire quelque chose. Un procédé est un moyen d'aboutir à un résultat. Cela peut être un moyen de construire quelque chose, un moyen de résoudre un problème (et donc finalement un algorithme), une technique de nettoyage, etc. En fait, tout acte de création est un procédé. Mais parmi tous les procédés, certains sont connus d'un grand nombre, ou en tous cas il en est pour lesquels il est facile de savoir comment telle ou telle construction a été faite. Pour prendre un exemple simple, peu de gens savent comment le verre de vitre était fait à la fin du 19^e siècle, et pourtant il est (aujourd'hui) facile de trouver cette information et d'apprendre que de grands cylindres étaient soufflés, puis coupés et fendus, avant que le verre ne soit étalé. Le verre de vitre n'était pas obtenu par laminage, mais par soufflage, ce qui n'est pas clair au premier abord. C'est là l'exemple d'un procédé peu connu de l'ensemble de la population, mais bien connu de ceux qui travaillent dans l'industrie du verre.

Il y a d'autres procédés qui sont beaucoup plus exclusifs. Untel peut avoir trouvé un moyen de résoudre un problème, un moyen d'atteindre tel objectif, et ce procédé n'est pas à la portée de tous. Un tel procédé peut n'avoir encore *jamais été documenté* et représente donc un avantage sur la concurrence. La clé est ici ce « jamais été documenté ». Dès lors qu'un procédé a été documenté, ou dès lors qu'il est connu d'un assez grand nombre (relativement au nombre de personnes impliquées dans le domaine en question), on ne peut pas dire que son emploi relève d'un avantage

sur la concurrence, puisque la concurrence a très certainement aussi ce savoir-faire, ou peut facilement l'avoir. Si le procédé est documenté, il ne peut être question de le « dévoiler », puisqu'il n'est pas une connaissance exclusive de l'entreprise. Il ne peut donc bénéficier du secret. Le secret du « jamais documenté », c'est donc le secret de l'inventeur.

Il y a cependant un autre secret, à savoir celui où l'on ne dit pas comment on a procédé, sans que les procédés eux-mêmes soient secrets. Le secret peut donc n'être que celui du choix entre des procédés qui eux-mêmes ne sont pas secrets. Si par exemple je nettoie une surface avec un produit du commerce, mais sans dire que j'ai utilisé du St Marc ou du Monsieur Propre, c'est un secret, mais les deux produits sont connus de tout le monde. Dans ce cas-là, la concurrence peut dans certains cas trouver le moyen employé, ou un moyen équivalent, simplement en analysant le résultat du procédé et en essayant les techniques connues. Le « dévoilement » du secret consiste alors simplement à essayer le connu. Ce n'est donc pas un véritable secret. Bien évidemment, dans certains cas il n'est pas possible de déterminer le procédé employé, même si ce procédé n'est pas secret ni nouveau. Si par exemple j'indique que telle roue dentée a 15 dents (figure 2), cela ne suffit pas pour que l'on sache comment j'ai obtenu cette valeur, comment je l'ai comptée, comment je l'ai déduite d'autres résultats, etc. Mais rares sont ceux qui vont dire comment ils comptent les nombres de dents des roues dentées !

En tous cas, la règle, me semble-t-il, en matière de restauration, c'est que si l'on utilise des produits connus ou des bases connues, on le dit, et que l'on ne joue pas à cache-cache, à moins justement d'avoir découvert des vertus inconnues d'un produit courant. Le professeur Raoult suggérait en 2021 que l'on examine éventuellement les vertus du médicament Wicks contre le coronavirus, comme exemple du fait que de nombreuses molécules n'avaient pas été testées et pouvaient éventuellement s'avérer utiles. Une entreprise qui découvre une telle propriété peut en revendiquer une exclusivité, mais on ne peut pas revendiquer une exclusivité de nettoyage en utilisant des produits courants de nettoyage, car tous ces produits ont déjà été testés.

Pour prendre un autre exemple, j'ai réalisé en 2020 un modèle 3D de l'ancienne horloge de la cathédrale Notre-Dame de Paris. Ce modèle est en ligne³ sous la forme de fichiers OBJ, STEP, etc. C'est le *résultat* de ma modélisation. Par contre, je n'ai pas mis en ligne le *procédé* qui m'a permis d'obtenir ces fichiers. Dans ce cas, le procédé n'est pas public, mais le résultat l'est. On peut imaginer mon procédé, mais il se trouve qu'il n'est

3. <https://github.com/roegeld/notredame>

pas public (ce qui, par ailleurs, ne signifie pas pour autant qu'il est secret).

De même, le document que vous lisez représente la visualisation d'un fichier PDF, lui-même produit à partir d'un fichier texte. Le fichier texte lui-même n'est pas public, mais le procédé permettant de passer du fichier texte au fichier PDF l'est. La question du « procédé » n'est donc pas aussi simple qu'il y paraît au premier abord.

Si l'on revient à la définition de la CADA, on retrouve l'idée de *savoir-faire* et implicitement l'idée que ce savoir-faire ou cette connaissance ne sont détenus que par une entreprise seule, ou en tous cas par un nombre limité d'entreprises du secteur. En d'autres termes, toutes les entreprises de cette branche ne doivent pas avoir cette connaissance pour que l'on puisse parler de secret. Le secret n'est de ce fait pas identique au savoir-faire. Il correspond à un savoir-faire exclusif qui a une valeur concurrentielle.

5 Qu'est-ce que la stratégie commerciale ?

Un rapport peut faire l'objet d'occultations relatives à la stratégie commerciale de l'entreprise. La CADA entend par la stratégie commerciale des informations situant une entreprise par rapport à d'autres, non du point de vue technique, mais d'un point de vue financier. En se mettant à la place du client de l'entreprise, celui-ci doit choisir entre plusieurs entreprises et ce qui va déterminer le choix, pour une même prestation, ce sont les prix, les remises, les fournisseurs, les délais de livraison, etc. La stratégie commerciale ne concerne pas la qualité technique du travail fourni. Normalement, c'est le client qui établit un cahier des charges (DCE), et c'est le client qui évalue si le travail réalisé est conforme à ce cahier des charges. Par conséquent, si dans un rapport de restauration figurent des informations de nature commerciale, elles ne pourraient guère que concerner des travaux à venir, et l'impression que j'ai est que des informations relatives à la stratégie commerciale figurent très rarement dans de tels rapports.

Il est intéressant de citer un extrait de la page Wikipédia consacrée au secret commercial⁴ (ou secret des affaires) :

Le secret des affaires n'a de sens que quand l'information associée à l'élément devant rester « secret » a — en restant cachée — une valeur réelle (actuelle ou potentielle), du point de vue de l'intérêt commercial. Soit que le secret donne un avantage à l'entreprise, soit qu'elle prive ses concurrents d'avantages auxquels ils (ne) pourraient sans cela accéder.

4. https://fr.wikipedia.org/wiki/Secret_commercial

On gardera à l'esprit cette notion d'avantage commercial dans l'analyse qui suit.

Wikipédia ajoute encore que l'on considère souvent que la condition de confidentialité est « remplie dans le cas où il serait difficile et coûteux pour les tiers d'obtenir et d'exploiter les informations sans adopter un comportement fautif ».

L'OMPI (Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle) indique⁵ que « tout renseignement commercial confidentiel qui confère à une entreprise un avantage concurrentiel et n'est pas connu d'autres personnes peut être protégé par le secret d'affaires ».

Il ne suffit donc pas qu'un renseignement ne soit que confidentiel, ou non connu par d'autres personnes, pour qu'il soit protégé, il faut aussi qu'il confère un avantage concurrentiel. L'OMPI ne mentionne pas clairement les résultats de procédés, mais uniquement des procédés, et si l'on s'en réfère à la définition de Wikipédia, les résultats d'un procédé, si ceux-ci peuvent être obtenus facilement et légalement par des tiers, ne peuvent faire l'objet d'un secret des affaires ou commercial.

On pourrait ajouter la définition du secret de fabrication et la définition donnée par la Cour de cassation en 1931 qui dispose qu'il s'agit de « tout procédé de fabrication offrant un intérêt pratique ou commercial mis en usage par un industriel et tenu par lui caché à ses concurrents qui ne le connaissaient pas » (Cass. crim., 30 déc. 1931)⁶. On retrouve ici la notion d'avantage commercial. Il est donc essentiel, dans l'appréciation de tous les cas d'occultations, d'examiner si les éléments cachés confèrent à l'entreprise un avantage commercial. Souvent, ce n'est pas le cas.

6 Un exemple pratique, la restauration de l'Atelier Chronos à Nancy

L'Atelier Chronos (Marc Voisot, Elliott Collinge et Emmanuel Aguila) est intervenu vers 2018-2019 sur l'horloge astronomique de Bernard Joyeux au Musée lorrain de Nancy. Dans le rapport de restauration [1], les restaurateurs ont occulté un certain nombre d'éléments techniques, notamment des schémas d'engrenages, des nombres de dents de roues dentées et des calculs déduits de ces relevés. Comme le contexte de ces occultations n'est pas occulté, il est possible de se faire une idée assez précise de ce qui a été occulté, et donc de la légitimité de ces occultations. Par ailleurs, à l'aide de

5. https://www.wipo.int/tradsecrets/fr/tradsecrets_faqs.html

6. Cf. *La Propriété Intellectuelle*, 29 février 1932, p. 33.

ce rapport expurgé et d'autres informations, j'ai pu reconstituer presque intégralement le fonctionnement de l'horloge, ce qui permet de mieux comprendre les occultations. Les figures 2, 3 et 4 sont extraites de mon analyse [2].

Passons donc en revue les différentes occultations, la numérotation des pages étant celle du rapport de restauration, lequel est un document administratif public⁷.

- p. 2 : les restaurateurs donnent (figure 1) une description des données qui relèvent selon eux du secret des procédés, mais cette description est totalement fausse car elle
 - 1. mélange le savoir-faire et les résultats d'un procédé ; (exemple : les nombres de dents ne sont pas un procédé, c'est le résultat d'un procédé de relevé)
 - 2. ne distingue pas ce qui est connu de ce qui ne l'est pas ; (exemple : une entreprise peut ne pas révéler un procédé employé, bien que ce procédé soit en fait un procédé connu)
 - 3. mélange les procédés des auteurs et ceux des restaurateurs. (exemple : l'auteur d'une œuvre a employé des procédés, mais le restaurateur n'a pas de droits sur la confidentialité de ces procédés-là ; et même si le restaurateur a découvert quels procédés ont été employés, cela ne fait pas de ces procédés une propriété du restaurateur ; ce qui peut être une propriété du restaurateur, c'est le moyen qu'il a employé pour trouver le procédé initial, donc le « procédé du procédé », à ne pas confondre avec le procédé tout court)
- p. 8 : on comprend difficilement que des schémas tels que celui de cette page soient non occultés, alors que d'autres, pas très différents, soient occultés ;
- p. 16 en haut : on ne sait pas très bien ce qui est caché, peut-être des explications sur la figure de la page 15, laquelle correspond par ailleurs à une interprétation incorrecte du mécanisme par les restaurateurs ;
- p. 16-17 : tableaux de nombres de dents ; l'occultation de ces tableaux est assez vaine, puisque j'ai reconstitué quasiment toute la structure de l'horloge à partir des autres données en ma possession (figures 2, 3 et 4) ; les diamètres des roues peuvent être estimés à partir des

7. Ce rapport (sous sa forme expurgée) peut être obtenu auprès du Musée lorrain de Nancy.

photographies et les pas des dents (« module » est un terme totalement anachronique) pourraient aussi l'être ; enfin, le fait d'occulter ces informations n'a guère de sens, et ce ne sont en aucun cas des « procédés » des restaurateurs ;

- p. 18 : il est intéressant de voir que les auteurs auraient bien fait d'occulter certaines bêtises, comme l'affirmation fausse sur le fait que seules deux dents (une de chaque roue) doivent être en contact en horlogerie ; ce n'est pas seulement faux en horlogerie, c'est faux dans toute la théorie des engrenages ;
- p. 19 : les auteurs occultent un tableau donnant les nombres de dents, les vitesses de rotation et les rapports de multiplication ; ce tableau n'a pratiquement aucun intérêt et je ne l'ai même pas reconstitué dans mon analyse, alors que j'aurais pu le faire ;
- p. 30 : le tableau des engrènements du rouage de mouvement a été occulté, alors que j'ai les données pour le produire, et alors que la seule information non occultée, le calcul de la période du pendule, est fausse ! là encore, il aurait mieux valu que les restaurateurs occultent leurs erreurs et rendent visible les résultats des relevés, qui ne sont pas des procédés qui leur appartiennent ;
- p. 33 : le constat d'état est occulté, mais là encore, c'est un élément qui m'intéresse peu et qui ne me manque pas ;
- p. 42 : de même, les préconisations sont, on l'imagine, de ne pas faire fonctionner l'horloge, et de la maintenir dans une atmosphère convenable ; on peut douter de la qualité confidentielle de ces préconisations !
- p. 46 : quant au schéma technique de cette page, il ne doit pas beaucoup différer du schéma de la figure 2 que j'ai réalisé sans avoir aucun nombre de dents.

Au final, je pense sans beaucoup me tromper que les occultations de ce rapport n'ont à-peu-près aucune utilité, et qu'elles desservent beaucoup plus les restaurateurs qu'elles ne les servent. Même sans ces occultations, comme je l'ai dit plus haut, il m'a été possible de reconstituer pratiquement tout le mécanisme. La photographie qui est en première page du rapport de restauration correspond à ma figure 4. Il est très facile de compter la plupart des nombres de dents, notamment ici celles de 15, 28, 38 et 63 dents, les autres pouvant être complétées par d'autres photographies. On pourrait même aller plus loin et estimer assez précisément les épaisseurs des roues, les pas des dents, etc., bien que je ne l'ai pas fait.

Quant aux procédés de nettoyage ou autres, de création de schémas, etc., ils ne m'intéressent pas spécialement. Seuls quelques détails restent

inconnus, car occultés ou correspondant à des parties non illustrées, mais ils sont souvent de peu d'importance. En fait, les dimensions des roues ne m'intéressent pas beaucoup, surtout si elles sont mélangées à des notions anachroniques (comme le module), et qu'au final tout devrait être revérifié.

7 Les erreurs à ne pas commettre dans l'interprétation des procédés

L'analyse que j'ai faite [2] du rapport de restauration [1] a expliqué précisément pourquoi les occultations des auteurs étaient abusives. Je reviens ici sur les trois grands problèmes dans l'interprétation des procédés.

7.1 Ne pas confondre procédé et résultat d'un procédé

Un procédé est une action, une technique, un moyen d'arriver à un but. Ce n'est pas le résultat de cette action. Bien sûr, le résultat d'un procédé peut quelquefois servir à deviner le procédé employé, mais quelquefois aussi ce procédé n'est pas la chose la plus importante.

Dans le cas d'un mécanisme, l'analyse de ce mécanisme est intéressante, elle peut utiliser une méthode, mais on peut aussi simplement se contenter du résultat de l'analyse. L'organisation de rouages, les caractéristiques des rouages, les dimensions et nombres de dents, etc., sont des informations qui peuvent être obtenues par divers procédés, mais ce ne sont pas des procédés. Par ailleurs, l'obtention de ces informations relève d'un savoir-faire très largement connu, par moi et d'autres, si bien que ce savoir-faire n'a aucun intérêt concurrentiel. Un enfant d'école primaire pourrait compter le nombre de dents d'une roue dentée si on lui la donnait (et il y a certains exercices scolaires dans ce domaine). Même si tous les restaurateurs et horlogers disparaissaient, il n'y aurait pas la moindre difficulté pour reconstituer le fonctionnement de l'horloge, à supposer que je n'ai pas publié mon analyse. Mais mon analyse ayant été publiée, il n'y a plus guère de mystère autour de l'horloge astronomique du Musée lorrain.

Plus généralement, lorsqu'il est question d'un procédé, celui-ci conduit souvent à la réalisation d'un produit, ou à des caractéristiques particulières d'un produit (par exemple la parkérisation du fer). La grande majorité des résultats des procédés sont accessibles à tous, par exemple pour des produits fabriqués, les machines, voitures, etc. Certains produits sont démontables et peuvent être étudiés par des tiers. On peut ne pas savoir comment un téléphone est fabriqué, mais on peut le démonter et l'analy-

ser. Des microprocesseurs ont été analysés sans que des documentations existent, simplement à partir de photographies des puces. C'est de la rétroingénierie. Certains objets peuvent même être étudiés sans démontage, car leur structure est totalement visible.

Le fait de bloquer l'accès à certains résultats et pas à d'autres n'a guère de sens. Il faudrait pour être cohérent incorporer une notion d'accessibilité des résultats dans la définition des résultats des procédés, et même la CADA n'a pas fait cela.

7.2 Ne pas confondre ce qui n'est pas dit avec ce qui n'est pas connu

Ce qui n'est pas dit dans un rapport, ou dans le cas de techniques employées mais non explicitées, ne correspond pas forcément à des secrets. Lorsque je relève des nombres de dents ou analyse un mécanisme, j'utilise des techniques sans les mentionner, cela ne fait pas de ces techniques des techniques secrètes, nouvelles ou exclusives. Lorsque j'ai réalisé la figure 2, j'ai certes utilisé un savoir-faire de réalisation de dessins, mais ce savoir-faire est partagé avec un grand nombre d'autres personnes et il ne me viendrait pas à l'idée de le breveter. Le procédé est simplement passé sous silence, tout comme pratiquement tout restaurateur passe sous silence *comment* il analyse une horloge et *comment* il fait les relevés. Un restaurateur ne donne presque toujours que les résultats.

Indépendamment du caractère confidentiel ou non des procédés employés, il faut noter que d'un point de vue historique la méthode peut être aussi intéressante que le résultat. Il est bien connu par exemple que le grand mathématicien Gauss polissait ses travaux de telle sorte que l'on ne voyait plus comment il était véritablement arrivé à ses résultats. Les démonstrations de Gauss ne reflètent pas sa véritable démarche de recherche, mais s'il n'a pas explicité son processus de recherche, ce n'est pas tant parce que c'était un secret, mais parce que cette démarche devait être vue comme un brouillon, indigne du lecteur qui ne devait voir qu'un produit fini, parfait sous tous ses aspects.

Il est en tous cas essentiel de distinguer parmi les procédés ceux qui sont véritablement confidentiels, nouveaux, originaux et exclusifs, de ceux qui ne sont simplement pas mentionnés, sans être pour autant exclusifs. Compter les nombres de dents d'une roue dentée, faire un schéma cinématique d'un mécanisme, ce sont des procédés qui ne relèvent pas d'un savoir-faire exclusif. Et si un restaurateur veut attacher son nom à telle découverte, à telle identification historique, à tel calcul, alors la solution

n'est pas d'occulter son travail (ce qui nuit à la fois au restaurateur et au développement scientifique de l'œuvre), mais de publier son travail dans une revue scientifique. Rare sont cependant les restaurateurs qui le font. On ne développe pas scientifiquement une œuvre en bloquant l'accès aux rapports de restauration et à d'autres travaux de recherche.

7.3 Ne pas confondre l'auteur et le restaurateur de l'œuvre

De ce qui précède, il apparaît que chaque intervenant sur une œuvre a fait intervenir son savoir-faire, donc ses « procédés ». L'auteur de l'œuvre l'a imaginée, il en a fait les plans, il a fait des calculs, il l'a construite, il a pu utiliser des techniques aujourd'hui perdues ou oubliées, et dont il ne reste plus que le fruit, c'est-à-dire l'œuvre.

Le restaurateur, lui, n'a pas imaginé l'œuvre, il n'a en général pas non plus fait de calculs, si ce n'est des calculs sur des relevés, mais non des calculs de conception. Il peut avoir fait des plans, mais là encore, ce sont des plans relevés, et non des plans de conception. Le restaurateur peut avoir réparé des éléments, il peut avoir nettoyé des parties, etc. Pour tout cela, il a employé son savoir-faire, donc ses « procédés », mais qui sont distincts de ceux de l'auteur.

Un restaurateur ne peut évidemment que demander à occulter ses propres procédés, pas ceux de l'auteur de l'œuvre sur lesquels il n'a pas de droits. Par exemple, un restaurateur n'a pas de droits sur les caractéristiques des rouages d'une horloge, dans la mesure où ce n'est pas lui qui a conçu ces rouages. Il peut les avoir relevés, mais il ne les a pas réalisés et ils ne sont pas issus de son savoir-faire. Le procédé mis en œuvre par le restaurateur, c'est le fait de « relever » des valeurs, mais ce n'est pas le résultat de cette opération.

L'auteur d'une œuvre peut avoir choisi de ne pas divulguer comment l'œuvre fonctionne ou quelles sont ses caractéristiques, mais à partir du moment où l'œuvre est considérée comme patrimoniale, l'auteur, en général mort, n'a plus droit à la parole. L'œuvre, avec ses caractéristiques, appartient à tous.

8 L'avis 20220275 de la CADA

8.1 Les confusions de la CADA

L'avis 20220275 de la CADA, consécutif à ma saisie, est un avis très malheureux. J'ai essayé dans cette saisie d'obtenir un avis sur le caractère

abusif de certaines occultations techniques. Bien que la CADA se prononce en général avec toute la rigueur que l'on peut souhaiter, le rapporteur n'a, me semble-t-il, pas compris d'une part la distinction essentielle entre un procédé et son résultat, et d'autre part la connaissance largement partagée du savoir-faire impliqué dans les procédés dont les résultats ont fait l'objet d'une occultation.

Voyons plus en détail un extrait de cet avis :

La commission prend acte de ce que Monsieur ROEGEL reconnaît dans sa lettre de saisine avoir été destinataire de ce rapport, après qu'aient été occultés les schémas, les nombres de dents des roues dentées et les calculs, qui, selon lui, ne relèveraient pas du secret des procédés et du secret des affaires. La commission, qui a pu prendre connaissance de ce rapport, dans sa version confidentielle, constate qu'ont été à bon droit considérées comme étant couvertes par le secret des procédés, les données issues des recherches historiques, techniques et bibliographiques menées par l'Atelier Chronos, les apports nouveaux concernant l'identification de l'œuvre et de ses fonctions, apportés par cet atelier, les calculs d'engrenages, numérisations d'engrenages, distances, liaisons mécaniques, ainsi que toutes mesures et comptages assorties des explications qui en sont faites et qui ont été conduites par l'atelier Chronos, les résultats d'analyses métallurgiques, métallographiques, micro et macro photographiques, chimiques, de quelque nature que ce soit et qui ont été conduits par l'Atelier Chronos, les méthodes de calcul employées et les démonstrations du système cinématique réalisé par l'Atelier Chronos et les méthodes de montage, démontage, remontage, traitements, stabilisations ainsi que les produits employés.

Cet avis a de quoi laisser perplexe. On remarque tout d'abord que le rapport de la CADA a essentiellement copié la page 2 du rapport de restauration de l'Atelier Chronos (figure 1) mais ne semble pas être allé plus loin dans l'analyse technique du document, ni dans mon étude [2] qui avait été jointe à la saisie. En réalité, dans le rapport de restauration [1], les éléments de recherches historiques ne semblent par exemple pas du tout être occultés et les occultations ne semblent être que techniques, donc moins générales que celles de l'avertissement du rapport. Par ailleurs, j'ai montré dans mon analyse [2] que les considérations historiques des restaurateurs étaient douteuses et quelquefois fausses, ce qui montre que si l'entreprise a un savoir-faire, celui-ci n'est en aucun cas un savoir-faire de qualité dans le

domaine de la recherche historique.

L'avis de la CADA, comme déjà indiqué plus haut, confond les procédés et les résultats des procédés. Les données de la recherche historique ne sont pas des procédés, et le savoir-faire d'un chercheur ne sont pas ses sources, mais son aptitude à trouver des sources et à les exploiter. La CADA ne semble pas ici, de manière surprenante, savoir ce qu'est un travail de recherche.

La CADA continue d'affirmer que le secret des procédés couvre les apports nouveaux sur l'œuvre et ses fonctions, mais là encore, le procédé concerne la manière d'arriver à ces informations, pas les informations elles-mêmes. Par ailleurs, les fonctions de l'œuvre sont quasiment évidentes et connues depuis longtemps et se déduisent de l'extérieur de l'horloge. L'entreprise n'a strictement rien apporté à la compréhension des indications de l'horloge et elle a même, comme je l'ai indiqué dans mon analyse, donné des interprétations incorrectes, par exemple pour le globe disparu ou pour l'affichage des phases lunaires. Il n'y a pas, pour moi, de savoir-faire particulier de l'entreprise, et certainement pas de savoir-faire qui justifie les occultations qui ont été faites.

La question du compte des nombres de dents ne peut guère être considérée comme une connaissance exclusive de l'entreprise, puisque j'ai pu déduire pratiquement tous ces nombres des documents en ma possession, et des milliers, voire des millions d'autres personnes auraient pu en faire de même. Une occultation n'est aucunement justifiée, et par ailleurs la publication du rapport non occulté n'apportera pas grand chose de neuf, si ce n'est peut-être l'identification d'erreurs de calcul dans le rapport complet, puisque des erreurs ont déjà été signalées dans mon analyse. En bref, cette occultation n'apporte aucun avantage concurrentiel à cette entreprise, elle ne fait en fait que lui nuire.

La question des analyses métallurgiques ne peut guère relever du secret des procédés, à moins que l'entreprise ait développé sa propre méthode d'analyse. L'analyse métallurgique par fluorescence X (XRF) est bien connue, et d'autres analyses sont possibles, si bien qu'on imagine mal que l'Atelier Chronos ait développé une nouvelle technologie, sachant que ce n'est pas particulièrement son secteur. Enfin, les résultats d'une analyse métallurgique font certes partie d'un travail de recherche, mais ne peuvent être identifiés avec un procédé. Le procédé, c'est ce qui permet d'arriver au résultat, ce n'est pas le résultat lui-même.

8.2 L'utilisation de résultats de procédés par des faussaires

L'un des arguments brandis par l'Atelier Chronos pour justifier ses occultations est la possible réutilisation des données du rapport par des faussaires (figure 1). Outre le fait que ne pas communiquer des travaux de recherche à des chercheurs est non scientifique et assimile ici les chercheurs à des charlatans (ce qui est assez contestable de la part de restaurateurs n'ayant pas été formés à la recherche), on peut noter tout d'abord que la CADA n'a pas repris ces arguments. Le silence de la CADA à ce sujet semble au moins indiquer qu'elle n'a pas trouvé de telle justification pour une occultation. Ensuite, on doit remarquer que si des faussaires s'inspirent de ce qui a existé pour faire des faux, c'est un problème marginal. Si quelqu'un faisait une copie de l'horloge du Musée lorrain ou d'une partie de cette horloge, le rôle des « experts CNES » et autres, ainsi que des historiens des techniques, serait de détecter ce faux (s'il est présenté comme authentique), et cela serait d'autant plus facile que les données du rapport de restauration de l'Atelier Chronos seraient accessibles à tous.

Ainsi, si je n'avais pas publié mon analyse, elle aurait pu servir à faire un faux, sans que la comparaison avec l'horloge du Musée lorrain puisse être faite, puisque les données que j'ai publiées ne l'ont été nulle part ailleurs. Dès lors que mon travail a été publié, la détection d'un faux devient beaucoup plus simple. Si par exemple on retrouve sur une horloge des rouages de planétaire avec une structure et des caractéristiques similaires à celle de l'horloge du Musée lorrain, on pourra se demander s'il n'y a pas eu de copie. Mais est-ce si important? Non seulement l'horloge du Musée lorrain n'est pas très sophistiquée, mais en outre copier c'est aussi reconnaître ne pas savoir faire mieux. Un vrai inventeur est capable d'innover et non simplement de faire une copie qui risque de lui coûter bien plus cher que de faire une œuvre originale qui ne l'obligera pas à singer une réalisation somme toute assez bancale...

8.3 Ce qu'aurait dû faire la CADA

Pour juger de la pertinence des occultations, la CADA aurait donc dû évaluer les *procédés* (et non résultats) impliqués et leur nature *exclusive*. La CADA aurait dû évaluer la présence de mentions de prix, de fournisseurs, etc. Je n'ai pas l'impression que de telles données figurent dans le rapport de restauration non expurgé.

Ainsi, si un autre restaurateur ou une autre entreprise devait/voulait faire des schémas cinématiques ou des relevés de nombres de dents, il ou elle pourrait le faire sans difficultés, soit seul(e), soit aidé(e) d'un chercheur.

Le savoir-faire nécessaire à l’acquittement de ces tâches n’est pas du tout un savoir-faire exclusif à l’Atelier Chronos.

Considérons encore ma figure 2. J’ai réalisé cette figure sans utiliser aucun nombre de dents publiés, puisqu’ils ont tous été occultés dans le rapport de restauration. Mon schéma ne reprend aussi aucune figure existante, il est simplement établi d’après des photographies, certaines provenant du rapport de restauration, et d’autres antérieures à ce rapport. Cette figure, avec les figures 3 et 4, reproduisent la structure de l’horloge. Je n’ai pas créé cette structure, pas plus que les restaurateurs ne l’ont créée. N’importe qui ayant travaillé sur cette horloge aurait produit des schémas similaires.

Les valeurs numériques contenues dans mon schéma n’ont pas été copiées d’un autre schéma ou tableau. Mon travail a simplement consisté à analyser les documents en ma possession et à réfléchir. J’ai utilisé un savoir-faire qui n’est pas du tout exclusif à l’entreprise de restauration et qui est très répandu. De ce fait, mon savoir-faire n’est pas particulièrement secret. Par contre, *la figure n’est pas le savoir-faire*, c’est le *résultat du savoir-faire*. De même qu’une voiture ne doit pas être confondue avec l’usine qui la fabrique, un schéma ne doit pas être confondu avec le procédé de création de celui-ci. Or, il faut bien noter que je n’ai nulle part indiqué comment j’ai fait mes schémas. Ils emploient cependant des éléments tout-à-fait classiques, la représentation de roues par la tranche, l’indication de nombres de dents à proximité des roues, etc., et il n’y a rien de très original dans la manière de représenter la structure cinématique de l’horloge. De plus, la manière de faire les schémas n’a pas une importance primordiale, on peut représenter les roues de face, de profil, avec les dents ou sans les dents, avec des pointillés ou pas, à l’échelle ou pas, avec une nomenclature ou sans, etc., mais tout cela importe peu et ne donne guère d’avantage concurrentiel.

De plus, les valeurs numériques de mes schémas ne peuvent en aucun cas être considérées comme des résultats nouveaux. Certes, ces valeurs n’ont jamais été publiées avant que je ne le fasse (puisque les restaurateurs ne les ont pas publiées), mais n’importe qui aurait pu relever ces valeurs. Et ils étaient évidemment connus de l’auteur de l’horloge. Lors du démontage de l’horloge au moment de sa restauration, le personnel du musée aurait pu compter ces nombres de dents. La réalisation de ces relevés ne relève pas d’un savoir-faire exclusif et ne peut être couvert par le secret des procédés. Cela dit, comme je l’ai déjà dit, je ne crois pas que les restaurateurs aient expliqué comment ils ont trouvé les nombres de dents, ils ont simplement donné le résultat de procédés, tout comme mes figures sont les résultats de mes analyses. Il n’y a pas de procédé explicite, et donc pas de secret des procédés. Par contre, je suis la première personne à avoir publié les caracté-

ristiques techniques de l'horloge du Musée lorrain. C'est là une nouveauté. Ce n'est pas l'Atelier Chronos qui a le premier publié ces caractéristiques, puisque l'Atelier Chronos a choisi de ne pas le faire.

Tout ceci entraîne en tous cas qu'il n'y aurait pas de légitimité pour occulter mes figures au nom du secret des procédés. J'aurais bien évidemment pu ne pas publier ces schémas et valeurs, puisque je ne suis pas lié par contrat avec la conservation du Musée lorrain, mais si je l'avais été, il eût été inacceptable d'occulter ces éléments. D'ailleurs, s'ils sont occultés, à qui peuvent-ils servir, sachant que les conservateurs, dans leur grande majorité, ne sont pas des experts en mécanique ?

Si mes figures ne pourraient pas être occultées, celles similaires des restaurateurs ne peuvent pas non plus l'être. Il en est de même des calculs et tableaux qui dérivent de ces schémas. J'aurais pu, à partir de mes schémas, faire des tableaux indiquant la vitesse de toutes les roues, mais je ne l'ai pas fait car l'intérêt de ces indications est très limité. Cela dit, si j'avais fait de tels tableaux dans le cadre d'un marché public, ils n'auraient pas non plus pu être occultés, car leur réalisation ne correspond en aucun cas à un savoir-faire exclusif.

9 Conclusions

Je crois avoir démontré dans ce qui précède que l'on ne peut suivre aveuglément les demandes d'occultations des entreprises et que les « procédés » employés par les entreprises ne sont pas forcément secrets. L'entreprise Chronos n'a pas employé de techniques originales pour faire les relevés de dimensions ou de nombres de dents, ni pour faire des schémas, que l'on trouve dans de nombreux ouvrages (voir par exemple la figure 5 extraite de l'ouvrage de 1922 sur l'horloge astronomique de la cathédrale de Strasbourg), revues, ou même sur internet. Par ailleurs, les résultats des procédés ne doivent pas être confondus avec les procédés eux-mêmes, alors que l'avis de la CADA est en grande partie basé sur cette confusion.

L'apport d'une entreprise comme l'Atelier Chronos dans la restauration d'une horloge n'est pas l'emploi de procédés non originaux, mais éventuellement la découverte de nouveaux faits sur l'horloge, ce qui n'est pas la même chose. Les premiers peuvent être occultés, s'il s'avère qu'ils présentent pour l'entreprise un avantage commercial, ce qui a comme pré-requis l'exclusivité du savoir-faire, mais les seconds ne relèvent pas de procédés et ne peuvent être occultés. Si par contre l'entreprise souhaite valoriser ces découvertes, ce n'est pas en les cachant qu'elle le fera (et un rapport de restauration n'est pas une publication, contrairement à ce

qu'affirme l'Atelier Chronos), mais c'est au contraire en les publiant. Le restaurateur a la possibilité ou bien de rendre ses données publiquement accessibles, ou bien de publier ses résultats dans une revue scientifique ou un autre moyen de diffusion vers la communauté scientifique. Un restaurateur a tout intérêt à publier le résultat de ses mesures s'il veut être crédité par la suite. Beaucoup de restaurateurs prétendent faire un travail scientifique, voire un travail de recherche, mais n'ont pas la *posture* scientifique. Aujourd'hui, de futurs chercheurs qui feraient référence aux caractéristiques techniques de l'horloge de Joyeux ne renverraient pas au rapport de l'Atelier Chronos, mais à mon étude, qui est la première, malgré moi, à décrire publiquement le fonctionnement de l'horloge. C'est un choix de l'Atelier Chronos qui conduit à la perte du privilège de la première publication.

Dans l'éventualité où une entreprise a mis au point un procédé dont elle entend jouir exclusivement, elle peut le breveter.

Cacher le résultat d'investigations scientifiques n'a aucun sens, cela nuit au patrimoine, cela nuit aux musées et cela nuit aux restaurateurs eux-mêmes. Je ne pense pas que de telles occultations confèrent quelque avantage concurrentiel à un restaurateur. D'autre part, la recherche scientifique des musées ne se fait pas en cachette et son évaluation se fait par la communauté scientifique, pas par les conservateurs de musées.

Dans le cas de l'horloge du Musée lorrain, on peut enfin se demander si cela a encore un sens de ne pas divulguer les nombres de dents. Non seulement j'ai publié ces données, mais même si je ne l'avais pas fait, elles ne manqueraient pas à d'autres restaurateurs. Elles ne sont strictement d'aucune utilité pour quelqu'un travaillant sur d'autres horloges, sauf pour les chercheurs, à des fins de comparaison et de documentation du patrimoine. Par contre, toutes ces occultations attirent l'attention sur un rapport qui, même expurgé, montre que l'entreprise Chronos n'a pas les compétences pour analyser une horloge astronomique, même aussi simple que celle du Musée lorrain (mais d'autres restaurateurs n'auraient sans doute pas fait mieux), et cela est beaucoup plus grave pour le patrimoine que le risque concurrentiel à-peu-près nul que représenterait la divulgation non expurgée du rapport. Les occultations scientifiques empêchent le développement scientifique et éventuellement protègent les auteurs des occultations contre la découverte d'erreurs dans leurs écrits. Le risque réel est donc que d'autres entreprises s'inspirent du rapport de l'Atelier Chronos et réitèrent les erreurs de ce rapport.

Plus généralement, je crois que les restaurateurs, pas seulement ceux de l'Atelier Chronos, ne souhaitent pas aider les chercheurs, qu'ils perçoivent faussement comme des concurrents, alors que chercheurs et restaurateurs

(qui sont deux groupes grandement distincts) auraient tout intérêt à travailler ensemble. Malheureusement, c'est aujourd'hui tout le contraire et le patrimoine est plutôt pris en otage par les restaurateurs.

Mais le problème est souvent encore plus grave, puisque le projet implicite de certains conservateurs est de conserver la recherche au sein des musées et plus ou moins d'interdire toute recherche qu'eux-mêmes ne dirigerait pas. En cela, ces conservateurs s'opposent à la définition même du patrimoine et bloquent son développement scientifique.

Références

- [1] Aguila (Emmanuel), Collinge (Elliott) et Voisot (Marc). – Rapport de restauration du mécanisme de l'horloge astronomique de Bernard Joyeux (Musée Lorrain de Nancy), 2019. [46 pages, disponible auprès du Musée lorrain de Nancy].
- [2] Roegel (Denis). – L'horloge astronomique de Bernard Joyeux (vers 1750) — Les abus des restaurateurs en question, 2021. [66 pages].

Rappel des éléments de droit et de confidentialité.

Le présent rapport est la propriété intellectuelle exclusive de Atelier Chronos. Il constitue à lui seul une publication. Aucune des informations contenues dans ce document de peut être reproduite, extraite, exploitée, sous quelque forme que ce soit et pour quelque usage, sans l'autorisation formelle, écrite, de Atelier Chronos.

Il est rappelé que les données techniques précises, liées à l'activité de la profession de conservateur-restaurateur en horlogerie et instruments scientifiques telles que :

- Les données issues des recherches historiques, techniques, et bibliographiques menées par Atelier Chronos.
- Les apports nouveaux concernant l'identification de l'œuvre et de ses fonctions, apportés par Atelier Chronos.
- Les calculs d'engrenages, numération des engrenages, distances, liaisons mécaniques, ainsi que toute mesures et comptages et les explications qui en sont faites et qui ont été conduites par Atelier Chronos.
- Les résultats d'analyses métallurgiques, métallographiques, micro et macro photographiques, chimiques, de quelque nature que ce soit et qui ont été conduites par Atelier Chronos.
- Les méthodes de calcul employées et les démonstrations du système cinématique réalisé par Atelier Chronos.
- Les méthodes de montage, démontage, remontage, traitements, stabilisations, produits employés.

Relèvent INTÉGRALEMENT du secret des procédés et des stratégies commerciales et à ce titre bénéficient d'un droit de communication limité.

En effet, ces ensembles constituent à la fois l'expertise et le savoir-faire de Atelier Chronos, il représente plusieurs dizaines d'années d'expérience professionnelle. La communication libre des éléments de ce rapport, est de nature à porter préjudice à notre activité économique et à favoriser la concurrence de manière déloyale, par la copie, l'imitation, de nos méthodes de travail et de rédaction.

D'autre part, les éléments techniques mentionnés dans nos rapports et relatifs aux dimensions, nombres, mesures, épaisseurs, comptages, modules, méthodes de construction et de fabrication, matériaux, traces, poinçons, marques, identification d'outillage, méthode de taillage, constituent des informations très recherchées par les réseaux criminels qui s'adonnent à la fabrication de copies d'ancien en vue de réaliser des faux et de tromper les meilleurs experts, ainsi que le révèle les derniers déboires judiciaires entre le Musée du Château de Versailles et quelques préputus chercheurs et historiens liés à ces réseaux criminels. La lutte contre ces pratiques justifie également la diffusion très restreinte des informations contenues dans ce rapport.

Rapport de restauration du mécanisme de l'horloge astronomique de Bernard Joyeux – Musée Lorrain de Nancy
Juin 2019 - © Atelier CHRONOS. Tous droits réservés. La reproduction totale ou partielle de ce rapport, son contenu, les informations et images contenues, est strictement interdite sans l'autorisation écrite de Atelier Chronos.
2/46

FIGURE 1 – L'avertissement du rapport de restauration de l'Atelier Chronos.

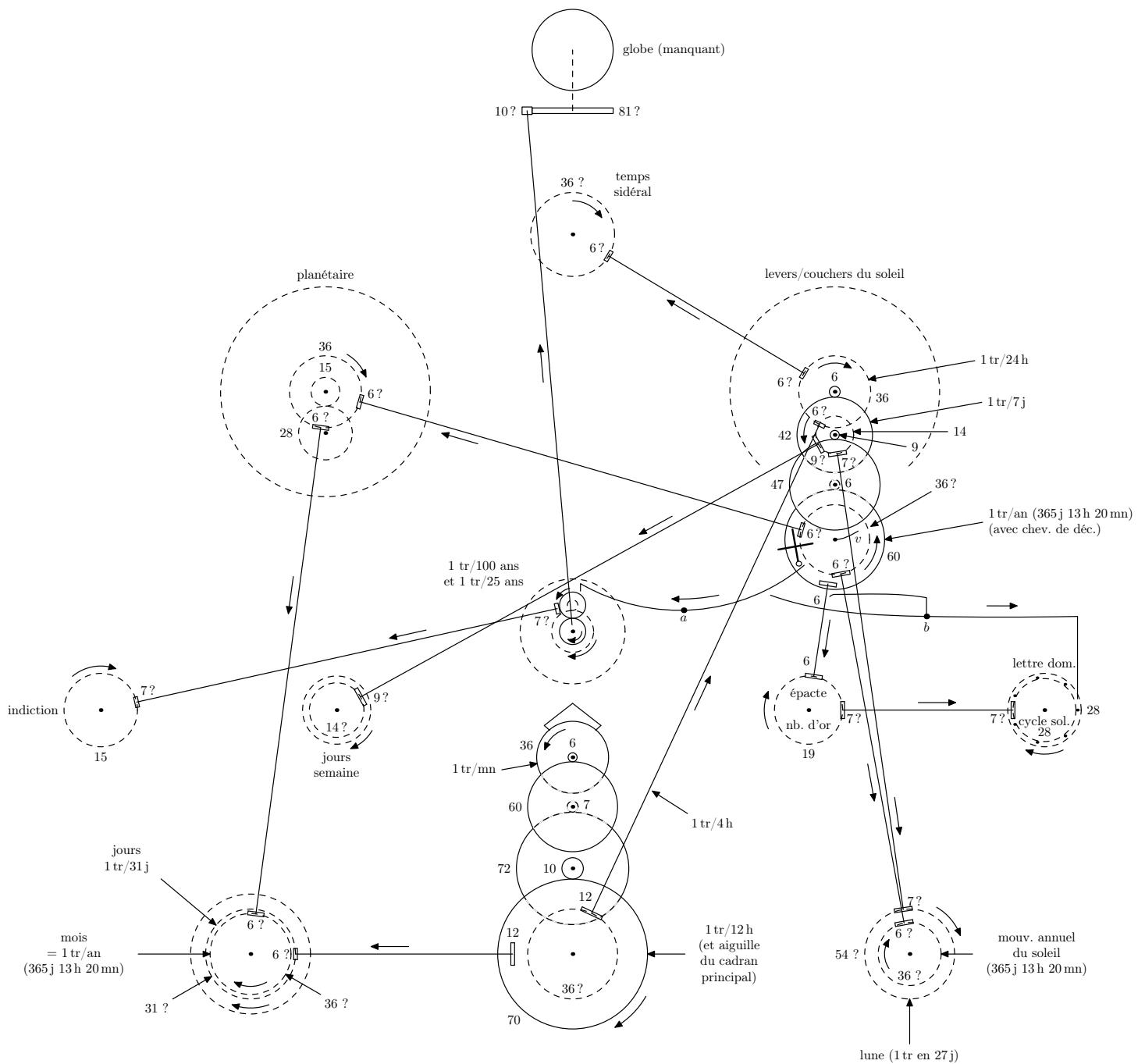


FIGURE 2 – Structure générale du mécanisme de l’horloge de Joyeux, telle que reconstituée d’après des photographies.

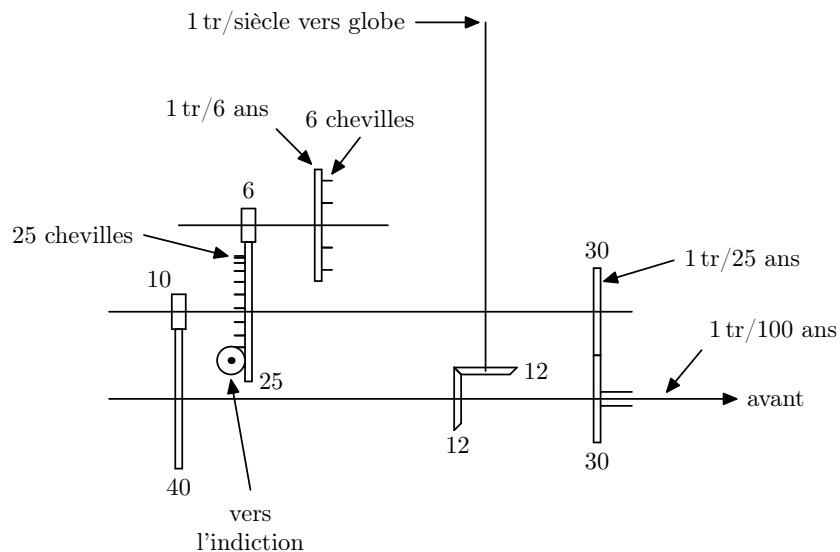


FIGURE 3 – Le mécanisme annuel de l'horloge de Joyeux reconstitué d'après des photographies.

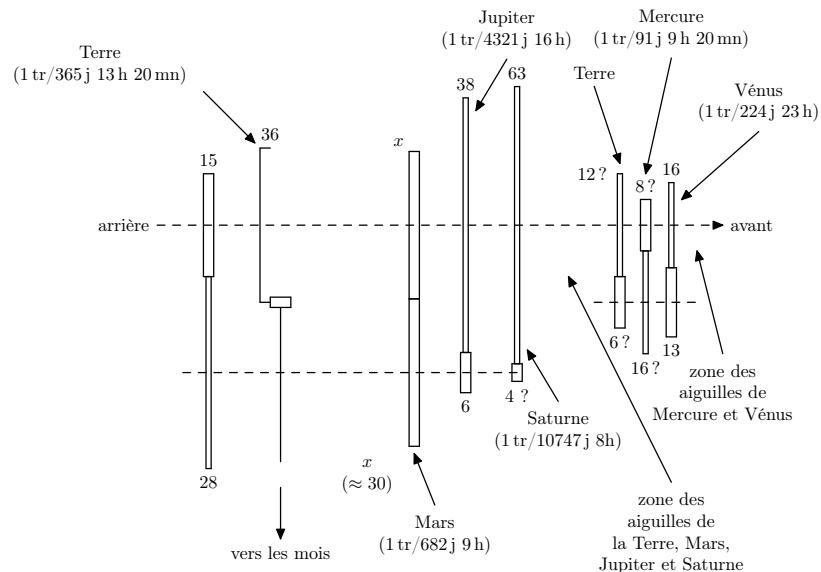


FIGURE 4 – Les rouages du planétaire de l'horloge de Joyeux reconstitués d'après des photographies.

du soleil au méridien de Strasbourg. Le mouvement du moteur principal placé au premier étage lui est transmis à l'aide d'une tringle rotative, faisant un tour en une heure de temps moyen. Le ralentissement est obtenu à l'aide des roues coniques aA (fig. 32) et des engrenages droits bB, Bb' et cC; l'aiguille solaire As est montée sur le même tube que la roue C. On a vu (p. 56), que pour obtenir le temps vrai il faut que le mouvement régulier d'un tour en 24 heures soit influencé par l'équation de l'anomalie terrestre et celle de la réduction de la longitude en ascension droite. Or, les éléments de ces deux périodes sont contenus dans les mécanismes des équations solaires (p. 77 à 81); leur effet d'accélération ou de ralentissement est exercé sur l'aiguille solaire As à l'aide de la tringle de tirée tr, reliée en pi au cadre Ra. Ce dernier, mobile autour du centre V', décrit selon le résultat positif ou négatif des équations un mouvement ascendant ou descendant, emportant avec lui l'arbre des pignons b' et c, de sorte que ces derniers engrènent sans cesse avec les roues B et C. Le point d'attache pi est choisi tel, que le rayon V'pi est placé à angle droit avec la tringle tr, lorsque le point pi est

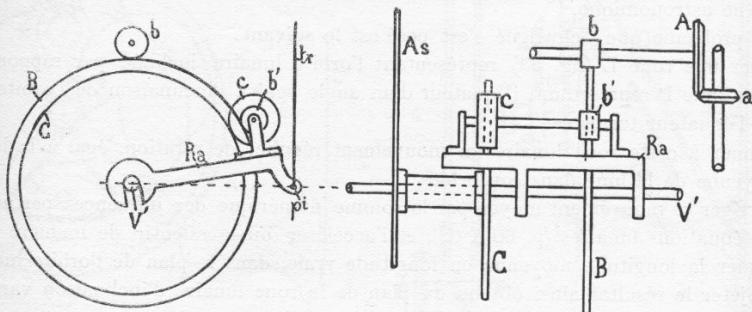


Fig. 32. — Mécanisme pour la réalisation du temps vrai.

à la position moyenne de sa course totale. Le pignon c est sensiblement plus grand que b', de sorte que par le mouvement ascendant du cadre Ra le pignon c tourne à gauche \curvearrowleft et la roue C décrit un mouvement différentiel à droite \curvearrowright , c'est-à-dire que le mouvement de l'aiguille solaire est accéléré. Le mouvement descendant du cadre Ra par contre fait ralentir le mouvement de l'aiguille solaire.

Pour bien comprendre le mouvement angulaire différentiel communiqué à la roue C on se figure le cadre Ra faisant un tour complet à droite \curvearrowright autour de l'axe V'; la roue B restant immobile, la roue C décrira alors $\frac{B}{b} \times \frac{c}{C} = \frac{360}{15} \times \frac{30}{360} = 2$ tours complets à gauche \curvearrowleft . Mais la roue C a aussi décris simultanément un tour complet à droite \curvearrowright , vu que l'arbre de renvoi b'c' a fonctionné comme entraîneur; le résultat final différentiel est donc d'un tour complet à gauche \curvearrowleft . Le mouvement de correction de la roue C est donc égal à celui du cadre Ra, mais en sens opposé.

La distance du point pi au centre V' a été fixée à 343,7 mm, de manière à ce qu'un déplacement vertical du point pi de 6 mm corresponde à un mouvement angulaire du cadre de 1° , soit:

$$V'pi = \frac{360 \cdot 6 \text{ mm}}{2 \cdot 3,142} = 343,7 \text{ mm.}$$

FIGURE 5 – Exemple de schéma technique publié en 1922. Faire des figures de rouages, indiquer des nombres de dents et faire des calculs, ce sont des choses que l'on sait faire depuis plus de 200 ans.