



HAL
open science

**“ Quand l’industrie et le patrimoine ne font qu’un! ” :
Une expérience scientifique originale réalisée par des
étudiants en partenariat avec DCNS**

Florent Laroche

► **To cite this version:**

Florent Laroche. “ Quand l’industrie et le patrimoine ne font qu’un! ” : Une expérience scientifique originale réalisée par des étudiants en partenariat avec DCNS. *Revue Hippocampe*, 2009, ISSN 1624 - 6683. hal-00422175

HAL Id: hal-00422175

<https://hal.science/hal-00422175>

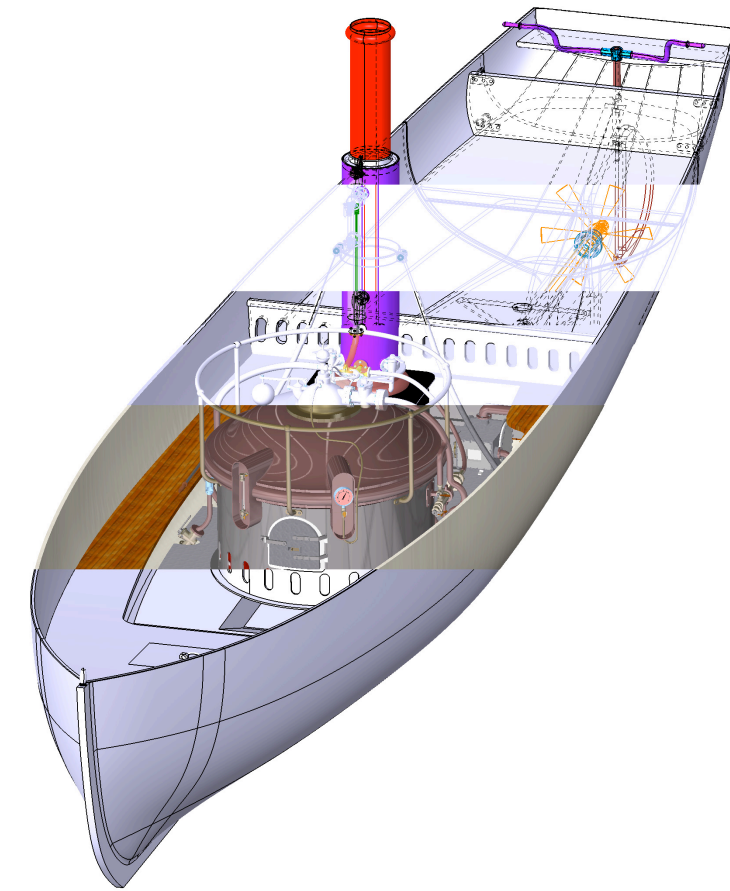
Submitted on 6 Oct 2009

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.

PREMIERE PAGE

- Titre = « Quand le patrimoine industriel (r)entre à l'école ! »
- photo bateau seul (en textures réalistes ou en tranches comme ci-dessous)



CHAPEAU de l'ARTICLE

« Quand l'industrie et le patrimoine ne font qu'un ! »

Une expérience scientifique originale réalisée par des étudiants en partenariat avec DCNS

Par Florent Laroche

Vous avez dit patrimoine industriel ?

Pour optimiser sa création de valeur, l'entreprise adapte sans cesse son mode de fonctionnement et ses outils de production. Les machines considérées comme obsolètes car ne répondant plus à la demande sont arrêtées, remises voire même démantelées. Ainsi, certains sites industriels disparaissent et les hommes, catalyseurs des savoir-faire, les emportent avec eux. L'absence de protection de ce patrimoine technique et industriel pose aujourd'hui question car cette culture technique s'avère parfois transposable à des domaines d'applications connexes. Sauvegarder, analyser et comprendre les objets de notre Patrimoine Passé peut permettre de les transformer en Capital Présent. Dès lors, c'est une réelle source d'innovation qui va nous permettre d'anticiper sur notre futur et aider les industriels à créer les objets de demain.

De plus, d'un point de vue muséographique, la conservation et la vulgarisation de ces objets dans les musées et les sites font transparaître un vieillesse intrinsèque de l'information technique. Nous nous devons donc de travailler sur une nouvelle forme de muséologie afin que ce savoir-faire immatériel se pérennise durant ce 3^{ème} millénaire.

L'approche développée par notre équipe de recherche consiste à "renverser l'axe des temps de la conception". A partir de l'objet technique et des informations dont on dispose (vestiges archéologiques, photos, textes, plans 2D...), nous allons reconcevoir l'objet technique et en créer une maquette numérique. Partant du postulat qu'un objet technique appartenant au passé demeure un objet technique, nous avons donc mis en place une démarche intégrant l'ensemble des outils numériques utilisés dans l'industrie contemporaine (comme la numérisation 3D, les logiciels de Conception Assisté par Ordinateur (CAO), la Réalité Virtuelle...). Dès lors, il ne s'agit pas d'obtenir une simple

modélisation géométrique en trois dimensions de la machine ; c'est tout le contexte de l'objet technique qui est étudié : description des organes fonctionnels, des flux de matière et des fluides, des interactions homme/système... Ici, le travail des sciences humaines est essentiel car le niveau de « dézoom » peut même atteindre l'étude de l'environnement manufacturier dans son ensemble. En effet, la recherche et la compréhension du contexte ethno-historique de l'objet s'avèrent nécessaires afin de poser les hypothèses sur lesquelles les analyses techniques s'appuient.

Couplant le point de vue technologique de l'ingénieur avec la vision patrimoniale d'un historien des techniques, c'est un nouveau métier et une nouvelle discipline qui apparaissent. Ce n'est donc plus de l'Archéologie car les études se focalisent sur des usines et non plus que des monuments historiques. Et c'est bien plus que de l'Archéologie Industrielle car ce sont désormais les machines et la technique qui sont à l'honneur. Mais il n'est pas pour autant question de mortifier ces objets, il faut retrouver le savoir-faire technique qu'ils transmettent et les connaissances développées par les anciens. C'est l'AIA, l'Archéologie Industrielle Avancée.

En attendant l'arrivée d'une nouvelle génération d'*ingénieur-historien* ou d'*ingénieur-généticien*, au service de la genèse des produits et de leurs technologies, nous avons déjà expérimenté la méthode sur de nombreux cas d'études. Entre autre, un axe fort de développement de notre théorie s'appuie sur la formation car ce sont les travailleurs de demain qui forgeront leurs futurs. Ainsi, un des projets pilotes a été mené par une équipe étudiante pluridisciplinaire composée de futurs ingénieurs mécaniciens (Ecole Centrale de Nantes), de futurs ingénieurs thermiciens (Ecole Polytechnique de l'Université de Nantes), d'étudiants en License professionnelle (IUT de Nantes) et de professionnels du patrimoine et de l'histoire des techniques.

S'agissant d'un projet de recherche mais également à vocation pédagogique, nous avons travaillé en partenariat industriel avec la société DCNS (<http://www.dcnsgroup.com>), spécialisée dans les systèmes navals de défense à haute valeur ajoutée. Ce projet a plus particulièrement été suivi par le site d'Indret (44) du groupe DCNS, site dédié à la propulsion nucléaire.

Une découverte originale...

En septembre 2001, le site d'Indret de DCNS décide de rassembler les archives de l'entreprise. En effet, de part ses origines militaires, la société se devait de conserver l'ensemble de la documentation créée et/ou utilisée dans les produits qu'elle concevait. Elle a donc accumulé une masse colossale de notes d'études, plans, commandes, factures, ouvrages techniques, cahiers de suivi des employés...

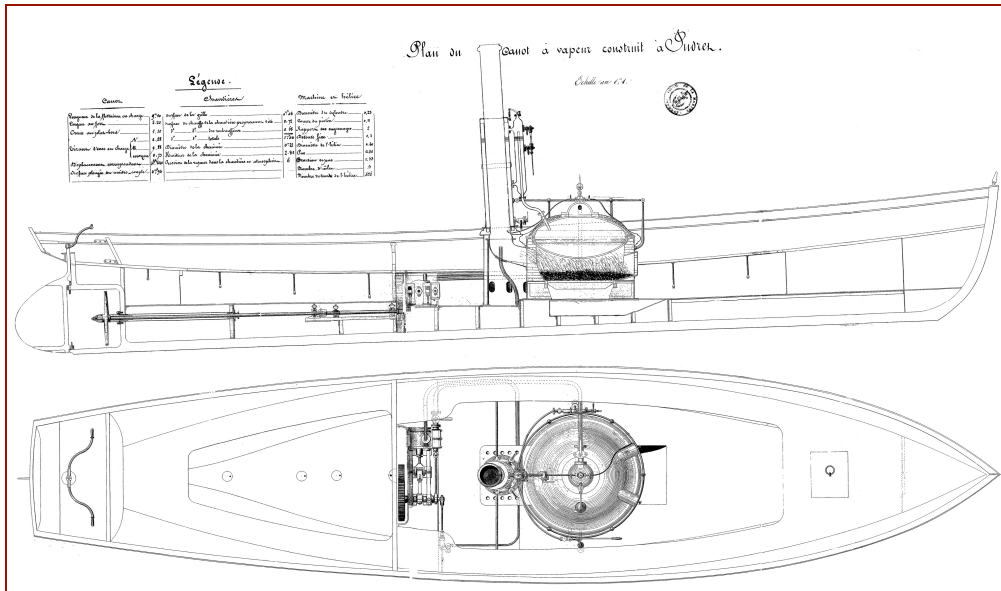
Afin de valoriser ce patrimoine, la société crée le PHI : le Pole Historique d'Indret. Le PHI est considéré comme une entité à part entière de DCNS et, à sa création en janvier 2002, est placé sous la coordination du secrétaire général de l'établissement. Sa mission : sauvegarder le patrimoine historique, industriel et bâti du site créé en 1777 sous tutelle de la Marine Française.

La présence d'un tel service dans une entreprise est exceptionnelle. En effet, comment calculer un ROI sur du patrimoine (Retour sur investissement) ? Sauf cas des Musées, peu voir pas d'entreprise n'investisse en interne sur des moyens qui ne lui rapportent pas d'argent. Et pourtant, valoriser son patrimoine en exploitant les connaissances des anciens peut avoir un impact stratégique conséquent en terme d'image et de communication ; parler de patrimoine peut également montrer le sérieux d'une entreprise sur la longue durée et donc prouver une valeur ajoutée du produit vis-à-vis de ses clients et de ses fournisseurs ; être un avantage stratégique par une meilleure compréhension des facteurs temporels des Systèmes Techniques afin d'enrichir les conceptions actuelles ; et surtout valoriser son patrimoine technique fait émerger un sentiment d'identité des employés de l'Entreprise et d'appartenance à une communauté.

Précurseur de ces nouvelles valeurs, le PHI existe et démontre que l'engouement suscité par DCNS est prometteur. Constitué de 1,2 personnes (une personne à plein temps (retraité) et 2 employés de DCNS travaillant dans les bureaux d'études de l'entreprise mais affectés au PHI à 1/10 de temps), ils répertorient et collectent les documents témoignant du passé de l'entreprise. Précisons que ce fonds est placé sous le contrôle du Conservateur du Service Historique de la Défense au Département des archives de la Marine de Lorient.

Ainsi, un jour, dans les milliers de mètres linéaires d'archives que le PHI possède, un ancien plan couleur de grand format à échelle 1:10 est retrouvé ; celui-ci n'est pas daté. Les premières pistes d'investigations suggèrent un projet d'élaboration d'un canot à vapeur destiné à la marine française. En effet, la dépêche ministérielle du 9 décembre 1860 adressée par la direction du matériel du Ministère de la marine Française à M. le Directeur de l'Etablissement de la Marine (les chantiers maritimes de DCNS) confirme la demande de conception d'un bateau à vapeur de petite longueur. Le 28 août 1862, le rapport de la commission chargée des essais du canot est dressé : ce bateau aurait donc effectivement été construit en 1861-1862 et testé sur la LOIRE, à titre de prototype.

Afin de valoriser son patrimoine historique industriel, le PHI décide d'étudier cet objet en alliant l'histoire technique du canot à son métier de la propulsion contemporaine (la paléo-propulsion). Le plan original est restauré et l'étude commence.



Source : *Etablissement de la Marine (1860), Plan du canot à vapeur construit à Indret, plan original restauré, échelle 1/10, dessinateur inconnu, n.d., ~1860, archives du PHI-DNCS*

Le canot mesure 10 mètres de longueur. La chaudière est positionnée au centre. La sortie du foyer est connectée directement à la cheminée. Cette dernière est renforcée par des armatures métalliques. La partie moteur de la machine à vapeur est disposée à l'arrière de la chaudière. Des instruments de contrôle et des systèmes de sécurité sont également installés sur la chaudière.

Mais, à la vue des croquis, des interrogations et des particularités peu communes pour une conception du 19^{ème} siècle apparaissent.

C'est, entre autre, le cas de l'utilisation d'une chaudière de type bouilleur. En effet, cette technologie n'est plus que brièvement évoquée dans les littératures de l'époque. A cette période, les chaudières tubulaires sont préférées car plus performantes et surtout plus sécurisées. De plus, le cartouche du plan fait mention d'une vitesse de rotation de l'hélice de 420 tr/min. Considérant le profil de l'hélice dessinée, cette valeur met en doute la réelle efficacité du bateau.

Dès lors de nombreuses questions émergent pour comprendre cet objet et déterminer sa réelle utilité. Plusieurs hypothèses sont avancées. Il s'agirait peut-être d'un *Bateau relais* permettant de transporter les officiers de la Marine depuis les grands navires ne pouvant accoster sur les rives à cause d'une eau peu profonde ? Mais il peut également s'agir d'un *Prototype* pour tester les profils d'hélices ? Ou pour d'autres technologies innovantes en 1860...

Ainsi, pour pouvoir expliquer le fonctionnement du canot, comprendre son dimensionnement ainsi que les choix techniques réalisés à l'époque, une équipe projet inter-disciplinaire est mise en place et vise la constitution d'un guide de conduite du canot à vapeur.

D'un plan 2D papier à un modèle numérique 3D

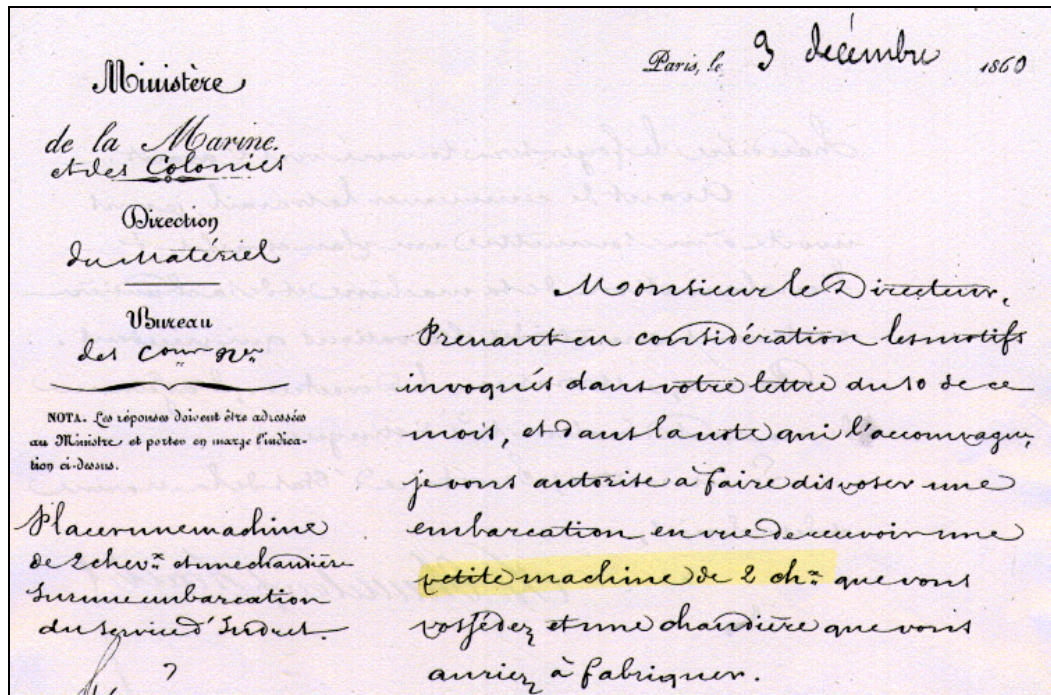
Le plan du canot à vapeur est la première donnée d'entrée. C'est un maigre point de départ bien que quelques chiffres soient mentionnés : dimensions de la machine et de ses équipements, surfaces de chauffe, vitesse de rotation de l'arbre de transmission et pression dans la chaudière.

A la lumière des connaissances contemporaines de l'équipe projet, une première analyse des plans fait apparaître les principaux équipements fonctionnels : la coque et le châssis, la chaudière et le foyer, les pompes et les injecteurs, la machine à vapeur et son système de transmission. Ces éléments sont connectés entre eux par trois circuits de fluides : l'eau, la vapeur et les fumées.

Mais ces premières analyses sont encore floues : des informations complémentaires étaient donc nécessaires. Grâce aux archives du PHI et à des ouvrages généraux de l'époque, les recherches dans la littérature historique ont permis de retrouver des dessins de Systèmes Techniques similaires, des descriptions des principes utilisés, des renseignements sur les matériaux employés à l'époque ainsi que de nombreuses indications chiffrées sur le cycle thermodynamique tel que les ingénieurs le comprenaient au milieu du 19^{ème} siècle (températures, pressions, débits, consommations, puissances, rendements...).

Les paramètres de conception du canot n'étant pas encore tous déterminés, des informations complémentaires ont été apportées par les d'autres sources historiques de l'entreprise mais cette fois-ci provenant de la voie administrative : correspondances, dépêches ministérielles et rapport d'essai du canot. Cette documentation est exprimée dans un langage non technique mais confirme pourtant la réelle fabrication du bateau comme prototype. Ainsi, elles apportent des informations supplémentaires sur la potentielle modification de la cylindrée de la

machine à vapeur, la consommation de charbon et elle précisent également la pression et la vitesse de rotation de l'hélice.



Source : Etablissement de la Marine (1860), Extrait de la dépêche ministérielle du 9 décembre, archives du PHI-DNCS

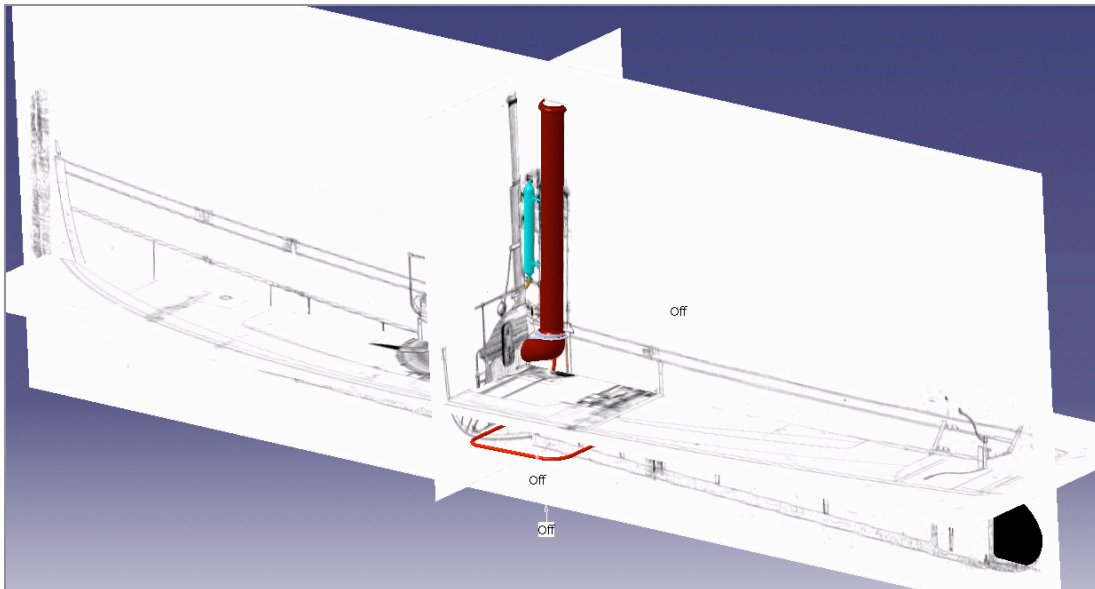
Les premières études montrent que la majorité des systèmes présents sur le canot à vapeur sont des technologies qui ne sont plus utilisées de nos jours. Malgré tout, les mécanismes des transferts thermiques sont aujourd'hui connus. Les lois décrivant les phénomènes physiques sont de réelles équations formelles démontrées et non plus empiriques comme il y a cent cinquante ans.

Malheureusement, ces théories récentes s'appliquent uniquement pour des objets techniques contemporains. Aucune application des méthodes de calcul modernes aux technologies présentes sur le canot n'est retrouvée : nous avons donc conclu qu'il s'agissait d'une conception ancienne obsolète. Par exemple, les transferts de chaleur dans le foyer et la cuve de la chaudière ou la combustion du charbon ne se font aujourd'hui que par pulvérisation (remarquons que Newcomen et Watt utilisait déjà ce principe).

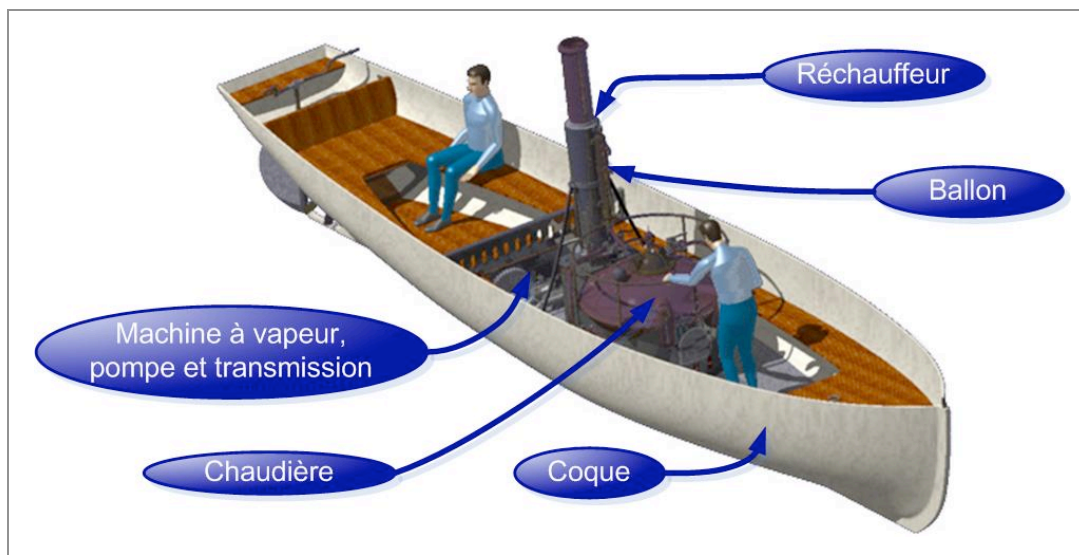
Aussi, le problème est considéré à la base et nous avons repris la conception de l'objet en imaginant être le dessinateur de 1860. Chaque sous-système du bateau est alors étudié séparément. Pour l'étude thermique, étant donné le nombre important de paramètres, la plus part ont été obtenus par calcul. Mais pour une majorité des autres paramètres, il s'agit de compromis entre les estimations des ingénieurs contemporains ayant de l'expérience et un croisement entre les tables de documents anciens et de documents modernes. Ainsi, en raison des nombreuses incertitudes sur plusieurs données, l'ensemble des analyses thermodynamiques est réalisé paramétriquement en se focalisant sur des ordres de grandeur.

Afin d'obtenir les données relatives au dimensionnement de la machinerie, nécessaires pour les calculs de thermodynamique, le bateau a en parallèle été reconçu en CAO sous Catia V5 (logiciel commercialisé par la société Dassault Systèmes). Ne possédant pas la machine réelle, la seule donnée de départ est le plan de 1860 restauré. Les différentes vues du plan d'ensemble ainsi que les plans de mécanismes similaires retrouvés dans les archives ont directement été intégrés dans l'environnement de CAO avec un facteur 10 pour obtenir une définition à l'échelle 1:1. Puis chaque composant est reconçu un par un sous Catia V5.

Ne pouvant démonter une machine inexistante (!), son appropriation par les technologues est rendue plus difficile et des questions techniques subsistent. Pour lever les incertitudes, les discussions avec les historiens sont très importantes. C'est le cas des parties internes non visibles sur le plan ou des détails non représentés comme les injecteurs, les pompes...



Canot à vapeur de 1860, Intégration des vues du plan d'ensemble dans l'environnement de CAO



Canot à vapeur de 1860, Maquette virtuelle fonctionnelle CAO

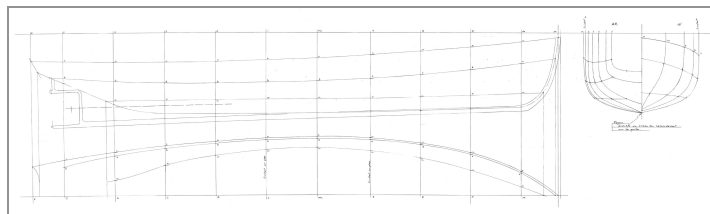
Conception de la coque

La navale est un métier nécessitant un savoir-faire acquis ordinairement de génération en génération. De plus, certaines étapes de base demandent beaucoup de pratique : c'est le cas de la conception de la coque qui, au 19^{ème} siècle, requiert une capacité développée grâce à l'expérience : le projeteur doit tout d'abord se représenter mentalement le bateau en 3D ; puis il dessine sur papier les projections des arêtes saillantes sur plusieurs vues 2D.

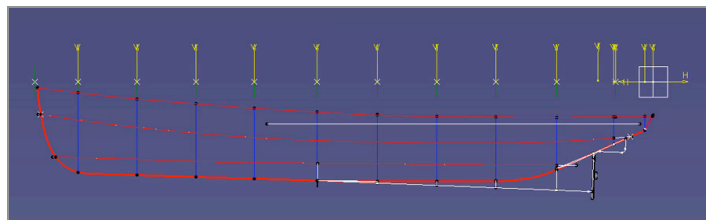
De nos jours, la conception d'une coque de navire se réalise grâce à la CAO. Le dessinateur n'a plus besoin d'imaginer mentalement la coque car il la conçoit directement en 3D.

Dans le cas du canot à vapeur, le dessin d'ensemble ne présente pas les arêtes saillantes : il s'agit d'une vue plus esthétique que fonctionnelle. Aussi, les membres du PHI ont traduit le plan de 1860 pour être interprété directement par les étudiants mécaniciens. Les plans 2D du squelette en vue de dessus, vue de tribord, vue de face-bord et vue face-tribord sont ensuite directement intégrés dans l'environnement de l'outil 3D. Puis chaque arête de la coque est reproduite en 3D. Quelques retouches sont ensuite nécessaires pour lisser la coque. Enfin, les planchers et traverses de renforts sont réalisés.

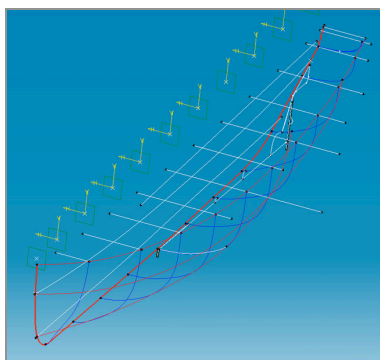
Cette première étape a entre autre permis de pointer plusieurs erreurs de dimensionnement dans les plans originaux de la coque ; mais grâce à l'outil de CAO, le modèle 3D a pu être rectifié.



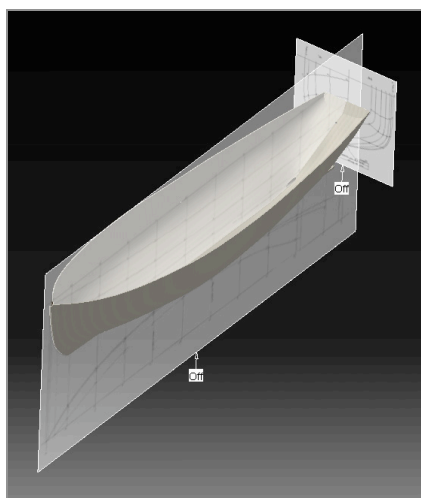
Tracés manuels du PHI



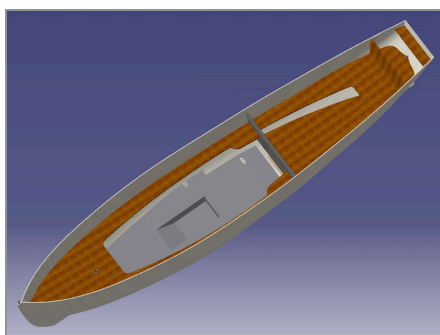
Report des tracés sous Catia V5



Mise en volume des tracés numériques



Coque avec les plans du squelette



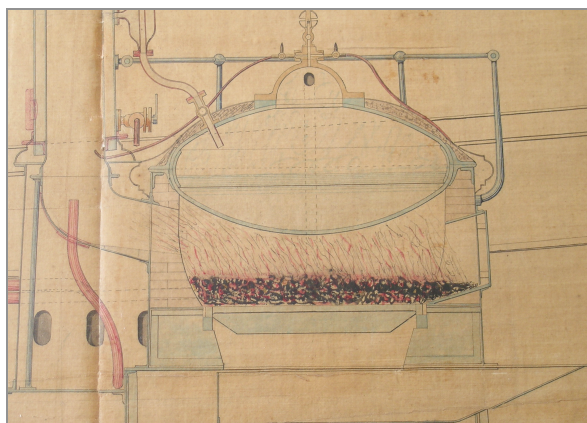
Vue finale de la coque avec planchers

Le foyer et la chaudière

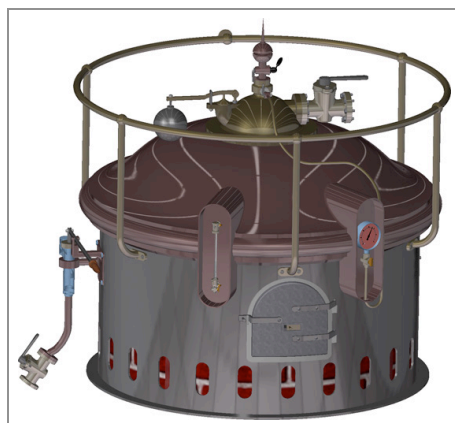
L'énergie primaire nécessaire à la production de vapeur est fournie par du charbon, de la houille ou du coke. Le combustible est introduit par la porte avant de la chaudière, directement sur la grille du foyer au dessus du cendrier. L'air frais nécessaire à la combustion est aspiré de l'extérieur par un tirage naturel traversant les grilles. Les fumées de combustion générées sont évacuées vers la cheminée.

La cuve placée directement au dessus du foyer contient de l'eau. Le combustible incandescent fournit alors la chaleur nécessaire pour chauffer l'eau qui atteint son point de saturation puis se transforme ensuite en vapeur. Les calculs de rendement thermique démontrent qu'au niveau de la chaudière, plus de 75 % de la puissance issue de la combustion est perdue.

D'autres composants secondaires tels que des vannes, le niveau d'eau, le manomètre et quelques tuyaux viennent compléter l'assemblage du groupe chaudière.



Canot à vapeur de 1860, détail de la chaudière du plan d'origine



Canot à vapeur de 1860, maquette CAO de la chaudière

Durant la phase de compréhension de cet élément central du canot, l'équipe étudiante s'est heurtée à deux difficultés. Tout d'abord il fallait obtenir la surface d'échange thermique exacte du récipient d'eau chaude. Après reconception en 3D de la cuve, les mécaniciens ont directement mesuré la surface sur la maquette numérique apportant ainsi la réponse attendue par les thermiciens. Mais la deuxième difficulté, et non des moindres, résidait dans la détermination des propriétés du combustible utilisé. En effet, l'intégralité des calculs thermiques repose sur cette hypothèse. *A priori*, ces informations étaient totalement inconnues. Aussi, pour obtenir des données exploitables, les archivistes du PHI ont retrouvé une correspondance datée du 17 octobre 1861 faisant état du renouvellement des commandes de charbon des mines de Blanzay dans le bassin du Creusot. En considérant la quantité de la commande, ce courrier sous-entend que le Ministère de la Marine a utilisé ce type de charbon pour tous ses sites durant l'année 1861 et qu'il souhaite renouveler ce partenariat exclusif pour 1862. Le charbon extrait des mines de Blanzay est en majorité de la houille maigre, également appelée houille anthraciteuse dont les sources historiques généralistes fournissent des tableaux de correspondance des pouvoirs massiques (Tome 2 du Traité élémentaire des appareils à vapeur de navigation de A. Ledieu (1862-1863)). Les thermiciens ont ainsi pu poursuivre leur étude.

L'alimentation en eau

L'eau nécessaire à la production de vapeur est directement aspirée de la rivière par trois systèmes de pompage intervenant successivement dans le cycle de fonctionnement du bateau.

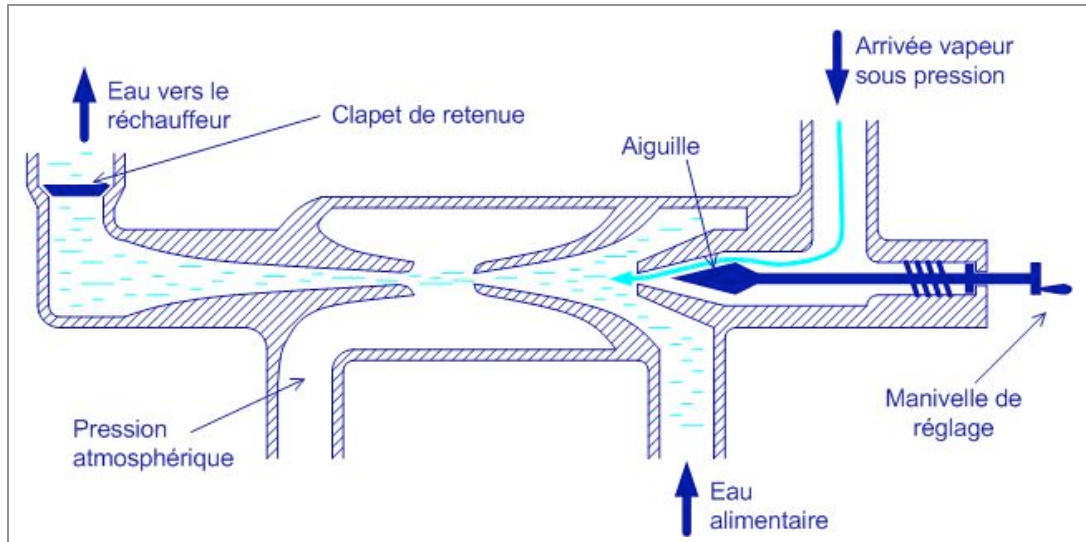
Au démarrage, une première pompe manuelle à bras permet l'alimentation en eau ; celle-ci peut également être utilisée en cas d'avarie.

En marche normale, une pompe alimentaire entraînée par la machine à vapeur va puiser l'eau dans la rivière. Un système de refoulement est également placé au dessus de la ligne de flottaison. Une dernière canalisation permet de distribuer l'eau aspirée. Le réglage de la pression s'effectue par une molette agissant directement sur le bouchon positionné à l'entrée de la pompe.

Après l'accostage du canot, la chaudière possédant une forte inertie, la génération de vapeur est toujours importante. Elle impose donc une alimentation d'eau en continu jusqu'à refroidissement du foyer. Cette sécurité permet d'éviter une détérioration de la cuve qui serait due à des écarts de températures trop élevés.

Afin d'optimiser le pompage, un injecteur hydraulique est ajouté. Mais la compréhension de cet élément à haute précision par rapport aux autres composants du canot ne fut pas sans difficulté. En effet, le plan de 1860 ne le détaille pas en coupe et à l'origine rien ne soupçonnait qu'il s'agisse d'un injecteur. C'est lors d'une discussion chez des amis que l'un des membres du PHI mis au jour une liasse de plans de détails de cette technologie. Il s'agit d'un

injecteur Giffard. Avec son appellation, les recherches historiques en furent simplifiées. Au 19^{ème} siècle, Henri Giffard est un imminent scientifique et technologue. Il fut entre autre un des premiers à imaginer et tester un ballon dirigeable propulsé par un moteur à vapeur. Fort de cette nouvelle documentation, nous avons pu découvrir que ce composant était couramment utilisé au 19^{ème} siècle dans la marine. Son fonctionnement repose sur le principe de l'effet Venturi. Le débit du système est réglé en manoeuvrant l'aiguille filetée tel qu'illustrée sur la figure ci-contre. Un système de vannes permet alors de contrôler les circuits. Cependant, ces vannes d'arrêt n'étant pas exclusives, il semble possible d'utiliser la pompe alimentaire et l'injecteur Giffard en simultanément.

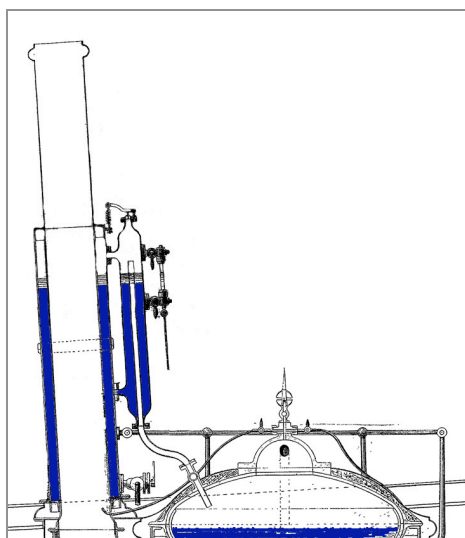


Canot à vapeur de 1860, schéma de l'injecteur Giffard

Le réchauffeur et le ballon d'eau alimentaire

Quelle que soit la phase de fonctionnement, entre le pompage et la cuve, l'eau est envoyée vers le réchauffeur pour être préchauffée. D'après nos hypothèses, la cheminée et le réchauffeur ne font qu'un ; le système se décomposant en deux cylindres. La fumée issue de la combustion dans la chaudière s'échappe par le cylindre intérieur et le chauffe. L'eau passe alors entre deux cylindres, autour de la cheminée. Elle bénéficie ainsi d'une augmentation de température grâce à l'échange thermique produit par la rémanence calorifique des fumées. Les calculs thermiques ont évalué à 41°C la température de l'eau en sortie du réchauffeur pour une eau de rivière estimée à 15°C.

Puis l'eau circule dans un deuxième cylindre vertical adossé à la cheminée et situé au dessus de la chaudière : le ballon d'alimentation. Il s'agit là d'un des premiers appareils d'alimentation des chaudières présentant une crépine. Sur le schéma ci-contre, le circuit de l'eau est représenté en bleu foncé.



Canot à vapeur de 1860, détail du réchauffeur et du ballon d'alimentation

Après étude approfondie, il s'avéra qu'en marche de fonctionnement normal, l'alimentation en eau du réchauffeur est assurée par l'injecteur Giffard. La pompe mécanique ne fonctionnant pas, il n'y a pas de requête de force supplémentaire sur l'axe moteur. L'utilisation de l'injecteur Giffard permet alors de gagner en puissance.

Cependant, en contre partie, l'injecteur fonctionnant avec une différence de pressions, une partie de la vapeur produite par la chaudière doit être détournée.

Arrivée au terme de l'étude thermique, il fut alors possible d'en réaliser un schéma global. Celui-ci fut programmé sous Matlab et le calcul lancé afin de déterminer les paramètres finaux de rendement. Au bilan, depuis la combustion du charbon jusqu'à l'entrée de vapeur dans le cylindre du piston, le rendement théorique est de 18 %, soit 5 % de pertes dans la tuyauterie. Cependant, il restait à étudier la partie moteur à vapeur.

La transmission : machine à vapeur, arbre et hélice

La vapeur saturée générée dans la chaudière est conduite par des tuyauteries vers la machine à vapeur. La détente de la vapeur permet alors d'exercer une force qui pousse le piston. La distribution en va-et-vient est assurée par un système dit à tiroir-plans très souvent de forme tuilé. Malheureusement le plan d'origine ne montre aucune coupe du moteur et seule l'expérience des historiens du domaine a permis de guider les mécaniciens dans leur étude.

Entre autre technologie peu commune, on constate que le mouvement alternatif du piston est converti en rotation par un excentrique. La non utilisation d'un système bielle-manivelle classique s'explique sûrement par la nécessité de limiter l'encombrement de la machine à vapeur dans le canot. De plus, considérant le guidage du piston réalisé par des liaisons glissières appuis-plans, l'expertise des historiens spécialistes des machines à vapeur confirme que le système est réversible et que le bateau peut naviguer en marche arrière.

Enfin, sur l'arbre de sortie, deux autres excentriques entraînent la commande des tiroir-plans ainsi que la pompe à eau. Un système d'engrenage avec un rapport de multiplication de 2 met en rotation l'hélice du canot à vapeur. Ordinairement les machines à vapeur terrestre possèdent un volant d'inertie permettant l'entretien du mouvement de rotation. Mais s'agissant d'un moteur de marine, le couple va s'exercer dans un fluide et c'est l'engrenage de plus gros diamètre qui suffit à assurer la fonction de volant d'inertie.

Sur le plan d'origine de 1860, il est fait mention que la vitesse de rotation théorique de l'hélice est de 420 tr/min. De plus, les sources historiques précisent que la puissance de la machine à vapeur est de 2 chevaux et la vitesse du bateau de 6 nœuds (environ 11 km/h). Ces données ont pu être vérifiées par des calculs de résistance à l'avancement grâce à des codes de calculs utilisés de nos jours dans la marine.

La figure ci-contre représente une vue globale du système de transmission. Il est possible de distinguer au premier plan la pompe et son excentrique ainsi que la commande des tiroir-plans avec le deuxième excentrique.



Canot à vapeur de 1860, Maquette CAO de la transmission

On notera que durant la phase de re-conception de la transmission, les mécaniciens ont été confrontés à des problèmes de correspondances sur le plan de 1860. Entre autres, l'arbre de l'hélice mesurant 3 mètres de long, il possède trois paliers intermédiaires pour le maintenir en position. L'axe étant placé sous le pont du bateau, des burettes de lubrification pour les paliers sont accessibles via des trappes. Erreur de dessin, d'inattention ou de manque de compétence, entre les vues de face et de dessus, ces orifices ne sont pas positionnés au dessus des burettes. Lors de la fabrication, les plans de conception ont donc dû être modifiés. Cependant, aucun autre document n'a été retrouvé pour valider cette hypothèse.

Au bilan...

L'étude d'une embarcation à vapeur du 19^{ème} siècle est un sujet pédagogique peu ordinaire. Avec une haute technicité, l'objet a demandé une réelle capacité d'appropriation du sujet par les étudiants. Ce bateau les a titillé, dérangé car ils n'ont jamais vu ces machines en fonctionnement et parfois ils ne soupçonnaient même pas leurs existences ; quant à la conception, elle est totalement différente des logiques de conception qu'ils connaissent : certains principes physiques employés ne sont plus utilisés aujourd'hui...

Réaliser de tels projets dans un cadre pédagogique permet de couvrir un domaine très large des compétences transmises aux étudiants durant leur formation. Le témoignage de deux élèves ingénieurs thermiciens en stage de fin d'études est un exemple marquant : « *Nous avons dû faire appel à nos connaissances dans tous les modes de transferts thermiques, en mécanique des fluides, en combustion, en échangeurs ou en méthodes numériques. C'est l'intégralité de nos cours suivis pendant trois ans d'études que nous avons appliquée.* »

Au bilan, dans une certaine mesure, le canot a été réinventé ; tout en sachant qu'il a existé et fonctionné, mais sans connaître réellement comment il était. Aussi, l'écart à la réalité est difficile à estimer et peut-être seul une reconstruction à échelle 1:1 fonctionnelle permettrait de valider l'ensemble de ce prototype de canot. En effet, des incertitudes demeurent sur le nombre de personnes pouvant être embarquées et donc sur sa finalité exacte. Obtenir un guide de conduite nécessite de lever certaines hypothèses comme la perte de rendement de 5 % entre la chaudière et l'admission de la machine à vapeur. Ne faudrait-il pas envisager une isolation thermique même si elle n'est pas représentée sur le plan d'origine ? Quel matériau était utilisé à l'époque ? Quel coefficient prendre en compte ? Des précisions pourraient également être apportées sur la résistance mécanique de la chaudière ou du bateau dans sa globalité.

Au-delà de l'aspect technique, la complexité de l'objet a impliqué de multiples acteurs (étudiants, enseignants, industriels) ayant chacun leur spécialité (patrimoine, histoire, thermique, mécanique). Tous avaient leurs propres visions du projet avec des objectifs différents mais dans un seul but commun. Les discussions de l'équipe furent donc très riches et chacun avait à cœur de partager ses connaissances avec l'autre. Il s'agit d'une nouvelle forme de partage de pratiques où cette pluri-culturalité démontre toute la richesse de notre patrimoine technique et industriel.

Quelques mots de remerciements...

La création de ces projets est le fruit d'une coopération entre le laboratoire IRCCyN de l'Ecole Centrale de Nantes et le Centre François Viète d'Histoire des Sciences et des techniques de l'Université de Nantes (EA 1161). Mais la reconstitution du Canot à vapeur de 1860 est avant tout le travail d'une équipe. Pour les aspects pédagogiques, ont également participé à ce projet : l'IUT de Nantes et l'Ecole Polytechnique de l'Université de Nantes. Ces projets sont réalisés avec le soutien de l'AIP Primeca Pays de la Loire.

Florent Laroche mais qui est-il ?

Florent Laroche est un jeune « Docteur-Ingénieur » travaillant comme maître de conférences à l'Ecole Centrale de Nantes (44). En parallèle des cours traditionnels de mécanique, il enseigne également l'histoire des techniques renouant ainsi un lien si souvent oublié entre les Sciences Humaines et Sociales avec les Sciences pour l'Ingénieur. Il effectue ses recherches au sein de l'équipe IVGI (Ingénierie Virtuelle pour le Génie Industriel) dans le laboratoire IRCCyN (Institut de Recherche en Communication et Cybernétique de Nantes – UMR CNRS 6597) à l'Ecole Centrale de Nantes. Ici, outre les recherches menées sur les objets du temps présent, il essaie de transposer les « connaissances du passé en connaissances contemporaines » ; un des objectifs étant de pouvoir réutiliser notre patrimoine technique comme tremplin pour innover notre futur. Son doctorat obtenu en Décembre 2007 peut être téléchargé ici : <http://florent.laroche.free.fr>

Florent Laroche, Ecole Centrale, IRCCyN, 1 rue de la Noë, 44000 NANTES
florent.laroche@irccyn.ec-nantes.fr

100 ans auparavant : Louis Figuier (à mettre sur une page complète ; à la fin de l'article)

Louis Figuier est un vulgarisateur scientifique ayant vécu dans la deuxième moitié du 19^{ème} siècle. Entre autre mission, il se donna comme objectif de diffuser la science et la technique ; son œuvre ne fut pas sans embuche. Cependant, il nous a légué de nombreux ouvrages dont *Les Merveilles de la Science* en 4 tomes et 2 annexes (1896). Plusieurs éditions existent qui démontrent la permanente mise à jour effectuée par son auteur. Ici, il nous compte combien l'Histoire et la Technique sont intimement mêlées donnant alors une réelle justification à ces travaux de recherche. Même s'il y a plus de cent ans Louis Figuier n'avait pas encore imaginé l'Archéologie Industrielle Avancée, le concept était né.

Projetons-nous le temps d'un instant à l'aube du 20^{ème} siècle :

Nous avons étudié le monde ancien, la littérature, l'histoire et la philosophie de la Grèce ou de Rome. Nous sommes parfaitement initiés à l'histoire d'Alexandre et de César, aux faits et gestes de Caton l'ancien et de Denys le tyran, et nous pouvons dire le nombre de galères qui figuraient à la bataille de Salamine. Nous avons la valeur du sesterce romain, du talent et de la mine d'Egypte, de Corinthe et d'Athènes. [...] Mais la science est entrée, de nos jours, dans toutes les habitudes de la vie, comme dans les procédés de l'industrie et des arts.

- *Nous voyageons par la vapeur ;*
- *Tous les mécanismes de nos usines sont mus par la vapeur ;*
- *Nous correspondons au moyen d'un courant électrique ;*
- *Nous commandons notre portrait à la chimie ;*
- *Nous nous faisons éclairer par un gaz emprunté à la chimie ;*
- *C'est la chimie qui conserve nos légumes pour la saison de l'hiver ;*
- *Nous demandons à l'électricité de remplacer nos sonnettes ;*
- *...*

[...] L'ouvrier des fabriques, le cultivateur des campagnes, l'employé, le commerçant, auront constamment à recourir à la machine à vapeur, à l'électricité, au gaz d'éclairage, etc., car aujourd'hui la science a partout pénétré dans la vie commune. [...] Rechercher l'origine de chacune des principales inventions scientifiques modernes, raconter ses progrès et ses développements successifs, exposer son état actuel et les principes sur lesquels elle est fondée, [...] l'histoire des progrès de l'esprit humain dans la voie scientifique est aussi riche en intérêt, aussi féconde en enseignements qu'aucune autre partie de l'histoire générale.

Depuis que la physique a porté ses clartés dans cet ordre étrange et mystérieux de phénomènes qui se passent dans l'intimité des molécules des corps, depuis que la féconde théorie de l'unité des forces et de leur transformation mutuelle, c'est-à-dire la transformation du mouvement en chaleur, de la chaleur en électricité, de l'électricité en lumière, de la lumière en sonorité, a pris pied dans la pratique ; enfin, depuis que l'art de l'ingénieur s'est enrichi, grâce à la machine à vapeur et à de nouveaux agencements mécaniques, de procédés rapides et précis, cette foule d'inventions et de travaux [...] doivent nécessairement offrir un vif attrait. [...] On ne peut trouver une matière plus intéressante que l'histoire et la description des grandes inventions scientifiques dans lesquelles éclate toute la grandeur du génie humain. [...]

Lorsque l'utilité des travaux de ce genre sera mieux appréciée qu'elle ne l'est encore, d'autres écrivains compléteront cette tâche en embrassant l'ensemble tout entier des conquêtes scientifiques de notre époque, et ainsi seront sauvés de l'oubli des monuments précieux qui seront un jour les vrais titres de gloire de l'humanité.