ARCHITECTURE.

L'ARCHITECTURE est l'art de projeter et de construire des ouvrages en terre, en maçonnerie, en charpente, &c..... d'après des principes et des proportions déterminées.

L'architecture comprend trois parties très-distinctes ; l'*architecture civile*, l'*architecture militaire* et l'*architecture navale*.

Celle-ci a pour objet de projeter et construire des vaisseaux, des navires, des barques, &c..... Son enseignement n'a pas encore fait partie de celui qui se donne à l'école centrale ; mais les leçons de stéréotomie que l'on y développe, et qu'on fait exécuter aux élèves pendant la première année, forment un corps de principes dont l'étude est indispensable aux ingénieurs-constructeurs de la marine.

L'architecture militaire forme l'objet de l'enseignement de la troisième année. Cet art exige la connaissance, non-seulement des principes nécessaires pour projeter et construire tous les ouvrages qui sont relatifs à l'attaque et à la défense, mais encore de tous les moyens nécessaires pour tirer de ces ouvrages le parti le plus avantageux.

On exposera séparément les principes de cet art, qui ont été développés aux élèves pendant le cours préliminaire.

Enfin l'architecture civile, qui forme l'enseignement de la seconde année, se divise elle-même en deux parties : l'une consiste dans l'art de projeter, de construire et d'embellir les édifices que les hommes destinent à leur habitation, ou consacrent à l'utilité publique ; l'autre a pour unique objet de projeter et de construire tous les ouvrages qui peuvent faciliter la communication des hommes entr'eux, et leur donner les moyens de faire prospérer l'agriculture et le commerce. C'est de celle-ci que nous allons d'abord nous occuper.

ARCHITECTURE CIVILE.

PREMIERE PARTIE.

Communications.

APRÈS avoir exposé aux élèves le but et l'utilité générale des communications, on leur en a fait connaître les différentes espèces, qui se réduisent à trois ; les *communications par terre*, les *communications par eau* et les *communications souterraines* : ce qui a donné lieu de leur indiquer l'art de projeter et de construire, 1.° les routes et les ponts ; 2.° les ouvrages relatifs aux canaux de navigation et à l'amélioration des rivières navigables, et ensuite les travaux des rades et des ports maritimes ; 3.° enfin, les galeries des mines à exploiter, et des carrières.

Tous ces objets devaient être parcourus en dix-huit leçons. L'instituteur a donc cru ne pas devoir s'appesantir sur les détails, mais développer aux élèves les principes généraux qui devaient en être la base, et leur servir, pour ainsi dire, de points de repaire propres à les guider dans tous les travaux qu'ils auraient à faire exécuter.

Il a fallu en outre faire un choix dans la manière d'énoncer ces principes, qui exigent à la rigueur, pour être développés, des connaissances assez étendues en mécanique et en hydraulique, connaissances que la majeure partie des élèves n'était pas supposée devoir posséder encore, et n'avait pas réellement. D'ailleurs, les difficultés augmentaient encore par l'embarras de mettre en corps de doctrine une science sur laquelle on n'a publié que quelques mémoires isolés, et qui exigerait, pour être convenablement traitée, des connaissances étendues tant en théorie qu'en pratique, qui se rencontrent rarement dans un même individu.

Il a donc fallu s'en tenir à des généralités, en les rendant plus sensibles par quelques applications, lorsque les objets ont permis de citer des exemples. Tels sont les principes qui ont guidé dans l'enseignement du cours préliminaire de la partie de l'architecture civile qui traite des communications, et dont on va donner une courte analyse.

SECTION I.re

SECTION I.re

COMMUNICATIONS PAR TERRE.

1.° *Des Routes.*

LES routes ont été classées en raison des points principaux d'où elles partent, et auxquels elles aboutissent. On a développé les principes qui servent de base à leur tracé tant dans les plaines que dans les pays de montagnes, en indiquant les principaux moyens que l'art met en usage. On a sur-tout fait sentir que dans ce cas, comme dans tout autre, l'administration devait chercher, non-seulement à concilier la plus sévère économie avec le respect dû aux propriétés, mais ne pas dédaigner aussi les moyens d'embellissement que l'art pouvait tirer de l'exécution d'une route, dont la position, les alignemens et le genre de construction peuvent faire un monument national.

On a insisté sur les avantages de ne donner aux routes qu'une largeur convenable et relative aux besoins, qui se composent de la fréquentation de la route, du genre ainsi que de la qualité des matériaux dont la chaussée est construite, et dont les approvisionnemens pouvant être plus ou moins considérables, en raison de l'entretien, exigent par conséquent une plus ou moins grande largeur d'accotemens pour les déposer.

On a développé les avantages que présente la plantation des routes, et les différens moyens à employer pour ne point gêner l'agriculture, en indiquant l'attention à donner, soit au choix des arbres, en raison des qualités et de l'exposition du sol, soit à leur conservation et à leur entretien.

On s'est ensuite occupé de l'exécution des routes, en parcourant tout ce qui avait rapport au règlement des pentes, aux déblais et remblais, et à la construction de la chaussée; construction qui varie et se modifie en raison de la nature du sol, et du genre, ainsi que de la qualité, des matériaux que le pays traversé par la route peut fournir.

On a terminé cette partie par des observations sur les moyens d'entretenir les routes; objet d'autant plus important, qu'il présente une

dépense qui se renouvelle sans cesse, et qui, par cela même, intéresse essentiellement l'économie du trésor public.

Cette économie ne peut s'obtenir que par des soins constans, et en s'occupant dans les temps, et d'une manière convenable, des réparations et de l'entretien. Elle ne peut encore avoir lieu qu'en employant des moyens de transport qui ménagent les routes; car il est bien évident que moins elles seront dégradées, et plus aussi les dépenses de leur entretien devront diminuer.

Or l'exécution de ces conditions dépend non-seulement de l'art, mais bien plus encore de l'administration qui prescrit souvent les moyens d'entretien, ou réduit et modifie considérablement ceux qui lui sont proposés.

Nos moyens de transport détruisent évidemment, et en très-peu de temps, les chaussées les mieux construites. Le peu de largeur des jantes des roues, la charge excessive des voitures, sont des causes de dégradation qu'on pourrait éviter, soit en réglant le poids à transporter, soit en ordonnant une augmentation déterminée dans la largeur des jantes. Le premier de ces moyens pourrait entraîner quelques inconvéniens; le second semble les éviter tous; et cependant, quoique sa mise à exécution paraisse présenter peu de difficultés, le gouvernement ne s'en est presque pas encore occupé.

On peut compter encore parmi les causes générales de la dégradation des routes, ou plutôt de l'augmentation de la dépense de leur entretien, l'inexécution des réparations dans les temps convenables.

Bien des administrateurs ont pensé que c'était une grande économie de ne s'occuper de ces réparations que lorsque les travaux de l'agriculture étaient terminés, afin d'y employer les mêmes moyens d'exécution : mais c'est précisément à l'époque des labours, des semailles, du transport des engrais, que les routes exigent plus de réparations; c'est encore à cette époque que l'on peut ramasser ou extraire les matériaux dont on a besoin; et d'ailleurs le seul moyen d'économiser la dépense des entretiens, c'est de ne point laisser s'accroître les dégradations, et de les réparer à mesure qu'elles se forment.

L'entretien des routes exige donc une main-d'œuvre constante, et

cette main-d'œuvre est d'autant moins à négliger, qu'elle est le seul moyen de suppléer, pendant quelques années, aux matériaux qui commencent à manquer dans beaucoup de départemens, et qu'on est déjà forcé de prendre à des distances considérables des routes à réparer.

Il est donc bien essentiel d'apporter la plus scrupuleuse économie dans l'emploi des matériaux qui servent à l'entretien des routes, et d'y suppléer, le plus qu'il sera possible, par un excédant dans la main-d'œuvre. Tous les jours il naît des hommes; mais la nature met bien du temps à former des pierres. Ainsi l'emploi des cantonniers présente un mode de réparation, plus économique et plus avantageux que celui des rechargemens: avec ce dernier moyen, les routes ne sont jamais roulantes ni en bon état.

2.° *Des Ponts.*

Les ponts sont exécutés en maçonnerie ou en charpente; et l'on a fait voir que pour l'un et l'autre genre de construction, le projet général devait être rédigé d'après les mêmes principes (1); qu'ainsi,

1.° La largeur d'un pont doit être proportionnée à celle de la route dont il n'est que le prolongement.

2.° Que sa longueur dépend entièrement du débouché qu'exige le cours des eaux de la rivière, considérée dans le moment de ses plus grandes crues; que conséquemment cette longueur se compose, non-seulement de la largeur effective du débouché, mais encore de l'épaisseur à donner aux piles dans les ponts en maçonnerie, ou de la largeur des palées dans les ponts en charpente.

3.° Que la hauteur à donner aux ponts dépend de beaucoup de considérations: de l'élévation des eaux de la rivière dans les plus grandes crues; de la position des abords de la route, considérée par rapport aux différentes pentes qu'on peut lui donner pour arriver jusqu'au pont; de la détermination précise du point où la navigation doit cesser, si la rivière est ou peut être rendue navigable; enfin, de la hauteur des bateaux, ou de leur agrès au-dessus de la flottaison.

(1) On fait aussi des ponts en fer, et d'autres suspendus par des cordes; mais la construction de ces différens genres de ponts est si rare, qu'il a paru suffisant de les indiquer.

4.° Dans un pont en maçonnerie, avec un débouché donné, le nombre plus ou moins grand des arches dépend de leur moindre ou plus grande ouverture, et par conséquent de l'élévation du pont; de la qualité, de la densité et de l'appareil des matériaux qu'on peut employer à sa construction. Les besoins de la navigation servent à déterminer aussi la largeur des arches. Dans un pont en charpente, c'est la longueur et l'équarrissage des bois, le système d'assemblage que l'on peut employer, et les besoins de la navigation, qui déterminent la largeur et conséquemment le nombre des travées.

5.° Dans les ponts en maçonnerie, l'épaisseur des piles se détermine par le calcul de la poussée des voûtes; l'élévation et le poids des arches, leur rayon de courbure, la nature et l'espèce des matériaux à employer, forment les données du calcul. Dans les ponts en charpente, la largeur des palées dépend de considérations analogues à celles indiquées ci-dessus, puisque plus les travées sont grandes et plus il faut multiplier les points d'appui.

La rapidité de la rivière, le chariement des glaces sont encore des données qui servent à déterminer la résistance qu'il convient de leur donner.

6.° On a présenté quelques réflexions sur cette question: *Les piles d'un pont en maçonnerie doivent-elles être considérées seulement comme points d'appui, ou doit-on leur donner assez d'épaisseur pour qu'elles puissent résister à la poussée d'une des voûtes du pont, dans le cas où l'une ou l'autre arche collatérale viendrait à manquer?*

On a fait voir que la solution de cette question dépendait absolument de quelques considérations, tant sur le régime de la rivière que sur la nature du terrain dans lequel les piles du pont doivent être fondées. En effet, si l'on est assuré par un résultat constant d'observations, et par des sondes faites avec soin, que le terrain est solide et que les fondations des piles ne peuvent jamais être affouillées, alors on peut sans inconvénient considérer les piles comme points d'appui; mais s'il y a du doute sur la solidité du fond, et si par la nature des matières qui servent de lit à la rivière, les grands affouillemens sont à craindre, alors il n'y a pas à balancer, et l'on doit donner aux piles assez d'épaisseur pour qu'elles fassent culée. Cette règle, ou plutôt cette précaution, est

fondée sur ce qu'il est impossible à l'art de se mettre au-dessus des grands effets de la nature, et encore moins de les prévoir.

Au reste, on a cru remarquer qu'il ne devait pas suffire à un ingénieur d'être assuré de la solidité de son ouvrage, en considérant les piles comme points d'appui; mais qu'il devait en outre balancer les avantages avec la dépense qui devait en résulter. Or les avantages sont, plus de facilité dans le débouché des eaux, et quelque économie résultant d'une diminution dans l'épaisseur des piles : mais aussi, dans ce cas, on est obligé de cintrer toutes les voûtes à la fois, au lieu que les piles faisant culées, un même cintre peut servir successivement à plusieurs arches.

Cette question tient donc encore, comme on le voit, à des circonstances locales qui influent sur le prix des matières et sur la main-d'œuvre.

Après avoir indiqué ces principes généraux, on en a développé d'autres sur la construction des ponts, tant en maçonnerie qu'en charpente, et pour cet objet on n'a eu besoin que d'énoncer dans un ordre convenable, tout ce qui a été écrit à ce sujet par feu *Perronet*, auquel la France doit les plus beaux ouvrages qui existent dans ce genre.

C'est d'après ces préceptes et d'autres renseignemens donnés par deux autres habiles ingénieurs (1), qu'on a exposé tout ce qui était relatif aux principes qui doivent guider, et aux soins qu'il faut prendre dans le tracé des épures, tant des voûtes que de leurs cintres; dans le cintrement, la pose des voussoirs, le décintrement, et en un mot dans tout ce qui peut concourir à la solide et belle construction de ces ouvrages.

Les moyens d'exécution pour la fondation des ponts, s'appliquant également à tous les ouvrages hydrauliques, on a réservé pour la fin du cours, l'enseignement de cette partie très-intéressante de l'art de l'ingénieur.

On a fini ce qui concerne les ponts en charpente par une analyse succincte de ceux qui sont mobiles, tels que les ponts-levis, les ponts-tournans, ceux à bascule, les ponts de bateaux, &c. Des modèles de ces différens genres d'ouvrages, mis sous les yeux des élèves, ont facilité l'explication rapide qui a été donnée de leur construction et de leur usage.

---

(1) Les citoyens *Chezy* et *Dumoustiers*.

SECTION II.

COMMUNICATIONS PAR EAU, OU NAVIGATION.

Pour mettre l'ordre et la méthode nécessaires dans cette partie de l'enseignement, la navigation a été divisée en *intérieure* et *extérieure;* la première comprenant les canaux naturels et les canaux de l'art, et la deuxième les ports maritimes et les rades.

Dans ce champ vaste de l'enseignement, qui exige un grand nombre de connaissances acquises, on n'a pu développer aux élèves que les principes les plus généraux et les plus saillans, qui forment la principale base de l'instruction qu'ils doivent recevoir.

On a commencé par leur indiquer l'origine, les progrès et les avantages de la navigation; on leur a rappelé que bien avant que les principes de l'hydraulique fussent connus, on avait observé qu'un très-grand nombre de corps avaient une pesanteur spécifique moins grande que celle de l'eau.

Les premiers hommes ont tiré parti de cette observation, d'abord pour descendre et remonter une rivière en côtoyant ses rives, bientôt après pour communiquer de l'un à l'autre bord; enfin, ils ont hasardé de plus longs trajets.

Un tronc d'arbre a probablement été le premier corps flottant dont ils se sont servis; ensuite plusieurs arbres accolés leur ont donné un moyen de navigation plus stable et moins périlleux; enfin un arbre creusé leur a offert un moyen plus sûr et plus commode, et ce moyen a tellement été perfectionné jusqu'à nos jours, que la construction des vaisseaux de ligne en est le résultat.

C'est donc à l'observation d'un effet simple et naturel, qu'est due l'origine d'un art qui, plus qu'aucun autre, montre les progrès de l'esprit humain, et auquel nous devons en grande partie ceux qui ont eu lieu dans la civilisation et dans les arts de tout genre, dont la société a déjà tiré tant d'avantages.

Mais il en reste encore bien d'autres à obtenir par la perfection de la navigation. Ses moyens ont été, presque jusqu'à nos jours, subordonnés aux localités auxquelles on a sacrifié la forme et les dimensions des navires et des bateaux de transport, tandis qu'il est possible, et même essentiel

à la prospérité du commerce, d'assujétir la localité des rivières et des fleuves, celle des ports et des rades, aux besoins de la navigation. D'ailleurs la grande économie qui résulte des transports par eau, quoique bien connue du Gouvernement, ne paraît pas encore avoir assez fixé toute son attention.

Cependant cinq hommes peuvent, dans un temps donné, conduire par eau un poids qui, pour être transporté à une égale distance par terre, exigerait dans le même temps l'emploi de quatre-vingt-trois chevaux, conduits par vingt-un hommes. Or, le terrain ensemencé pour nourrir un cheval, peut suffire pour nourrir huit hommes; ainsi, abstraction faite des autres dépenses, celles des deux moyens de transport que l'on vient d'indiquer, sont entre elles :: 1 : 137.

Après avoir fait connaître sommairement l'origine, les progrès et les avantages de la navigation, on a passé aux principes qui concernent l'art de projeter et construire les ouvrages qui y sont relatifs, en suivant l'ordre indiqué ci-dessus.

1.° *DE LA NAVIGATION INTÉRIEURE DES CANAUX NATURELS ET ARTIFICIELS.*

1.° *Des Canaux naturels, ou des Fleuves et des Rivières.*

Les fleuves et les rivières qui forment l'objet des ouvrages qui concernent cette première partie de la navigation intérieure, ont été considérés sous quatre points de vue différens; relativement à la formation de leur lit, à leur régime, aux obstacles qui gênent la navigation, et enfin aux moyens d'enlever ces obstacles.

La formation du lit des rivières et celle des vallées, sont dues à la même cause; elles sont le même résultat d'un grand effet de la nature.

Les vallées ont été plus profondes qu'elles ne le sont : on observe que leur sol se relève constamment; leur creusement n'est donc pas un effet lent et successif des eaux dans l'état où nous les voyons maintenant couler dans les fleuves, mais plutôt celui de l'action des eaux qui ont primitivement sillonné la surface du globe, en entraînant les matières qui leur ont offert le moins de résistance.

Les vallées principales qui portent les eaux à la mer, ont été formées

les premières : c'est dans le courant auquel elles servaient de lit, qu'ont afflué ceux qui ont creusé les vallées secondaires; et ainsi de suite en remontant jusqu'aux points de partage, où la partie la plus élevée des montagnes circonscrit leurs bassins et forme leurs limites.

Les bassins peuvent donc se diviser en primitifs, secondaires, tertiaires, &c. Dans les premiers coulent les fleuves qui portent leurs eaux à la mer; ils comprennent les bassins secondaires, et ces derniers ceux d'un ordre inférieur : dans ceux-ci coulent les ruisseaux qui versent leurs eaux dans les bassins secondaires, lesquels reçoivent à leur tour les rivières qui affluent dans les bassins primitifs.

Les fleuves et les rivières doivent être observés et étudiés dans leur régime, lorsqu'on veut perfectionner leur navigation, ou les rendre navigables s'ils ne le sont pas.

Ce régime n'est autre chose que le rapport assez souvent variable entre la force du courant et la résistance du fond et des rives du canal qui leur sert de lit.

Les élémens qui composent les termes de ce rapport, sont 1.° le volume d'eau qui s'écoule dans un temps donné, la vîtesse du courant, la pente et la largeur du lit; 2.° la nature, la densité, la ténacité des matières qui forment le fond du lit du canal et ses rives.

La différente combinaison de ces élémens donne lieu à différens résultats dont on a déduit des principes sur le régime des rivières et des fleuves.

A l'égard des obstacles qui s'opposent à ce qu'ils soient convenablement navigables, on peut les considérer, soit dans leurs parties supérieures, soit à leur embouchure.

Les obstacles qui s'opposent à la navigation dans la partie supérieure des fleuves et des rivières, sont ou naturels ou artificiels; les premiers peuvent avoir pour cause une hauteur d'eau insuffisante, et ce défaut peut provenir du faible produit des sources, de la trop grande largeur du lit, d'une vîtesse considérable, occasionnée par une trop forte pente. Ces obstacles peuvent être encore le résultat du surhaussement du fond dans quelques endroits du cours de la rivière ou du fleuve; surhaussement dont la cause peut se trouver, soit dans la ténacité de quelques parties du lit que le courant n'aura pu corroder, soit dans l'agrégation

de

de plusieurs matières qui auront été chariées dans le temps des crues, et que les eaux auront déposées, lorsque leur niveau venant à baisser, elles auront été dépourvues de la force nécessaire pour les entraîner.

On peut aussi compter parmi les obstacles qui gênent la navigation des fleuves et des rivières, les changemens de lit occasionnés, 1.° par les alluvions constamment versées par les affluens ; elles tendent à détourner les eaux de leur cours, en leur faisant continuellement dégrader la rive opposée ; 2.° par les remous et les verhaules provenant des différentes directions des courans : il en résulte toujours des dépôts au-dessous des parties d'eau stagnante qui séparent ces courans ; 3.° enfin, par les matières que les eaux sauvages et les vents régnans apportent sans cesse dans le lit de la rivière : cette dernière cause agit si constamment et en même-temps si efficacement, que c'est à elle seule que sont dus deux effets liés entr'eux, et desquels il résulte que les fleuves sont toujours plus profonds au pied des côteaux les plus escarpés.

Les crues doivent être encore rangées parmi ces obstacles : si les eaux ne couvrent pas alors les chemins de halage, au moins leur trop grande vîtesse s'oppose au remontage des bateaux, ou donne beaucoup de difficultés pour les diriger en descendant.

Les obstacles artificiels qui s'opposent à la navigation, ou la gênent au moins considérablement, peuvent se réduire à quatre : 1.° les anciens ponts qui produisent les cataractes ; 2.° les usines et les digues : non-seulement elles entravent la navigation, mais encore elles perdent les pâturages par les inondations fréquentes qu'elles occasionnent ; elles dépeuplent les vallées par les maladies épidémiques, dont la stagnation des eaux est la première cause ; 3.° les barrages pour le flottage des bois et pour la pêche ; ils parsèment les rivières d'autant d'écueils, qui occasionnent souvent la perte des bateaux ; 4.° enfin, le mauvais état des chemins de halage, soit qu'ils soient gênés par des plantations trop rapprochées du bord de la rivière, soit qu'ils soient dégradés par les entreprises des propriétaires riverains.

Tels sont les obstacles qui gênent la navigation dans le cours supérieur des fleuves : ceux qu'on rencontre dans la partie inférieure, sont d'une autre nature. 1.° Dans l'Océan, leur embouchure est parsemée de

bancs changeans ; la mobilité des alluvions et l'action des vents variables sont la cause principale du déplacement de ces bancs.

2.° Sur les bords de la Méditerranée, ce sont des attérissemens constans et progressifs qui obstruent l'embouchure des fleuves. Ici les eaux se rendent à la mer, après s'être ouvert à travers ces attérissemens un très-grand nombre de canaux connus sous le nom de *bouches*, dans lesquelles l'eau coule sur une hauteur d'autant moins grande, que les bouches sont plus multipliées; il est impossible d'y établir une navigation sûre et convenable.

Dans l'Océan, au contraire, si les eaux n'ont pas un lit constant, elles ne se subdivisent pas au moins en rameaux; et au moment de la pleine mer, les navires trouvent toujours assez d'eau pour descendre ou remonter l'embouchure. La cause de cette différence vient de ce que, dans l'Océan, les eaux que le flot refoule très-haut dans l'embouchure des fleuves, ont assez de force pour entraîner, en descendant, les alluvions apportées par la marée montante; au lieu que, dans la Méditerranée, les affluens roulent sans cesse vers leur embouchure de nouveaux attérissemens, qui sont encore accrus par ceux que le courant littoral y apporte.

Mais aussi cet effet alternatif du flux et du reflux produit des obstacles qui gênent beaucoup la navigation.

L'embouchure de ces fleuves est traversée par des barres de sable, sur lesquelles il ne se trouve que peu de hauteur d'eau, même au moment de la pleine mer. Ces barres ne sont pas sujettes à un grand déplacement; et l'espèce de variation qu'elles éprouvent, n'est due qu'à l'effet alternatif du flux et du reflux, auquel leur formation doit être attribuée.

On éprouve encore auprès de ces barres un effet assez dangereux, et très-marqué dans les temps des vives eaux. Cet effet qui se nomme aussi *barre* ou *mascaret*, est dû à la hauteur croissante que prend le courant de la marée qui refoule les eaux du fleuve. Le courant se trouve de plus en plus resserré dans les différentes parties du lit qu'il parcourt en montant, et qui vont en diminuant de largeur. Il se forme alors une espèce d'onde très-élevée qui ne se soutient que peu d'instans; mais son effet rapide est tel que, si un navire se trouve à son passage

sans y être préparé, c'en est fait et du bâtiment et de l'équipage, tout est englouti sans espérance de voir rien reparaître.

Après avoir donné les développemens convenables sur les obstacles qui gênent la navigation des fleuves et des rivières, et dont on vient de donner une courte analyse, on a sommairement indiqué les principaux travaux au moyen desquels on pouvait faire disparaître ces obstacles; et l'on a vu que dans presque tous les cas que l'on vient d'exposer, l'art n'offrait souvent que des palliatifs, et que ses ressources passagères étaient bien au-dessous des effets constans de la nature.

Les élèves ont donc dû facilement se convaincre qu'il est peu de rivières dont on puisse tirer parti pour une navigation prompte, sûre et commode, soit en descendant, soit en remontant; qu'on ne doit jamais construire d'ouvrages dans leur lit, sans avoir médité les effets qui doivent en résulter, sans être bien assuré que ces ouvrages ne feront pas naître des obstacles plus dangereux encore que ceux qu'on a le projet de détruire; et qu'enfin le meilleur parti à prendre, est presque toujours de laisser les lits des rivières remplir le but pour lequel la nature les a formés, et d'employer les ressources de l'art pour établir des canaux de navigation dans les vallées que parcourent ces rivières.

2.° *Des Canaux artificiels.*

On distingue plusieurs genres de canaux artificiels; savoir : des canaux de navigation, de desséchement, de flottaison et d'irrigation.

On a considéré les canaux de navigation, ou comme pouvant servir à former une communication par eau dans le même bassin d'un fleuve ou d'une rivière, ou comme étant le seul moyen d'établir cette communication entre des fleuves et des rivières coulant dans des bassins différens. Dans le premier cas, on emploie un canal, lorsqu'il est bien constaté qu'un fleuve ou une rivière ne peut pas procurer une navigation sûre et commode, soit en remontant, soit en descendant; quelquefois aussi il ne sert qu'à éviter des obstacles qui s'opposent à la navigation dans quelques parties de leur cours.

Dans le second cas, le canal doit franchir les chaînes des montagnes qui forment la séparation des bassins. Un canal de ce genre a toujours

un seuil ou point de partage, où l'on doit rassembler une quantité d'eau suffisante pour que tous les bateaux qui passent d'un bassin à l'autre, puissent franchir le seuil qui les sépare.

La prospérité du commerce est principalement fondée sur les échanges, et par conséquent sur la facilité du transport des objets à échanger ou échangés ; il ne suffit donc pas de communiquer aisément d'un point à un autre, il faut encore que le retour puisse avoir lieu d'une manière aussi prompte et aussi commode. Si le commerce emploie des moyens comme 1, pour importer, tandis que la même communication exige des moyens comme 2, pour exporter, la valeur des objets d'importation sera bien plus grande qu'elle ne devrait l'être, et cela à cause des difficultés qu'on rencontre dans l'exportation ; et *vice versâ*.

La prospérité du commerce exige donc que les communications en tout sens soient également faciles; il est donc indispensable que l'eau d'un canal ne soit animée d'aucune vîtesse, et qu'elle conserve constamment son niveau.

Mais les canaux descendent ou remontent les vallées ; ils franchissent des montagnes; et comme la pente, et des montagnes et des vallées, ne permet pas d'établir un canal dans un même niveau sur toute sa longueur, on est forcé de mettre ses parties successives dans des niveaux différens; et la longueur de chaque partie est, en général, d'autant plus grande, que la pente des vallées est plus petite. Ce sont ces parties de niveau d'un même canal qu'on nomme *biez;* et la différence du niveau d'un biez à celui du biez suivant, s'appelle *chute*.

La localité détermine souvent la hauteur des chutes; mais cette hauteur a ses limites. Une trop grande chute exigerait souvent des moyens d'exécution plus difficiles et plus dispendieux que deux ou plusieurs chutes plus petites qui remplaceraient la grande.

Il résulte de l'observation et de l'expérience, que des chutes de deux à trois mètres de hauteur, offrent communément plus d'avantages.

Les bateaux passent d'un biez à l'autre, soit pour monter, soit pour descendre, par le moyen de deux *écluses* séparées par un bassin qu'on nomme *sas*. La grandeur du sas et la largeur des écluses, sont ordinairement fixées par celles des bateaux de transport. Pour l'ordinaire, il n'en passe qu'un à la fois, et le sas n'en peut contenir plusieurs.

Après avoir exposé l'objet des canaux de navigation, et indiqué les principales parties qui les forment, on a donné quelques développemens sur la construction des écluses, et sur leur manœuvre pour faire passer les bateaux d'un biez à l'autre. On a fait connaître quelques moyens employés pour économiser les eaux des biez supérieurs, les inconvéniens des sas accolés, et les avantages de les séparer les uns des autres par des biez. On a ensuite donné l'idée de quelques autres ouvrages dont on fait ordinairement usage dans la construction des canaux; tels que des deversoirs et reversoirs de différens genres, des aqueducs simples et à siphon, des ponts-canaux, &c.

Ces différentes parties de l'enseignement concernaient également les canaux qui ne parcourent que le même bassin, et ceux qui servent à passer d'un bassin dans l'autre. Mais ceux-ci diffèrent des autres, en ce qu'ils ont un point de partage, tandis que les premiers peuvent toujours être alimentés par les eaux qui coulent dans la même vallée; leur exécution exigeait donc d'autres développemens, pour faire connaître les difficultés qu'on rencontre, soit pour les projeter et les tracer, soit pour les construire.

Lorsqu'on veut projeter un canal qui doit communiquer à deux bassins, et par conséquent franchir la montagne qui les sépare, il est nécessaire, avant tout, de s'assurer de la quantité d'eau que l'on peut conduire dans le biez de partage qui est le plus élevé. Cette quantité doit être relative aux besoins de la navigation, et par conséquent au nombre de bateaux qui doivent passer par le biez de partage. Or, comme un bateau a besoin d'une éclusée d'eau pour monter, et d'une éclusée pour descendre, il faut compter deux éclusées d'eau par bateau, et les multiplier par le nombre des bateaux qui doivent passer.

A cette quantité d'eau, l'on doit ajouter celle qui est nécessaire pour remplacer les pertes qui ont lieu, soit par l'évaporation, soit par les filtrations. Cette évaluation exige beaucoup d'expérience, et sur-tout une parfaite connaissance des localités, et de la nature, tant du sol sur lequel le canal doit être établi, que des terres dont ses digues doivent être formées.

La quantité d'eau nécessaire pour alimenter le canal étant bien connue, il faut jauger toutes les sources que l'on peut conduire au point de

partage, et s'assurer par des nivellemens bien précis et soigneusement vérifiés, si elles peuvent y être amenées.

Le jaugeage des eaux doit se faire à différentes époques de l'année. Vers l'automne, les sources sont ordinairement dans leur plus faible produit; mais celui qu'elles donnent à la fin de l'hiver est plus considérable, et peut, étant conservé dans des réservoirs assez grands, servir à compenser le manque d'eau dans des temps de sécheresse.

Après avoir développé tous ces principes, et indiqué les soins que l'on doit apporter au tracé des réservoirs, des rigoles qui conduisent les eaux au point de partage, ainsi qu'à celui du canal, on a fixé l'attention des élèves sur la recherche des moyens à employer pour débarrasser le canal des eaux sauvages et superflues; objet d'art qui demande beaucoup d'adresse et d'expérience, et sur-tout une étude particulière des localités, au moyen de nivellemens faits avec soin.

Telle est l'analyse succincte de l'enseignement qui a été donné sur les canaux de navigation; et le rapport qu'ils ont avec les canaux de flottaison, d'irrigation et de desséchement, a donné l'occasion de développer les principes qui servent à l'exécution de ces derniers.

Ces divers genres de canaux ont ensuite été comparés relativement à leur objet, et l'on a fait voir les rapports et les différences qu'ils avaient entre eux.

Dans les canaux de desséchement, d'irrigation et de flottaison, le fond du lit est en pente réglée; l'eau coule avec plus ou moins de vîtesse, et sa hauteur y est variable suivant les saisons : ils ont un régime analogue à celui des rivières.

Dans les canaux de navigation, le fond de leur lit est sur leur longueur, formé de plusieurs parties de niveau; l'eau ne doit y avoir aucune vîtesse sensible, et sa hauteur y est constante; l'eau qui les alimente ne passe qu'à volonté dans les différens biez, et par des moyens artificiels.

Les canaux de navigation peuvent servir à l'irrigation, mais jamais pour la flottaison *à bûches perdues;* ils peuvent encore moins devenir canaux de desséchement. En effet, comme servant à la navigation, les canaux doivent avoir le moins de pente possible; et au contraire pour les desséchemens, on doit donner à leur lit toute la pente que peut permettre celle du sol

de la vallée dans laquelle il est établi : or il est impossible qu'un même canal remplisse deux buts si différens, avec des moyens d'exécution si diamétralement opposés.

2.° *DE LA NAVIGATION EXTÉRIEURE.*

Des Rades et des Ports maritimes.

De toutes les parties de la science de l'ingénieur, celle qui traite de la construction des ports maritimes et des rades est encore la moins avancée : nous n'avons, sur cet objet intéressant, que la description de quelques ouvrages anciennement exécutés, et très-peu de principes qui puissent guider sur la manière de bien projeter.

Nous devons au célèbre *Vauban* les premiers travaux de ce genre : ils se trouvent décrits dans l'architecture hydraulique de *Bélidor;* mais avec trop peu d'observations sur leurs défauts. En effet, *Vauban* plus occupé de l'art militaire, et sur-tout de l'attaque et de la défense des places de l'intérieur, que des ouvrages maritimes, n'a jamais pu donner tout le temps nécessaire pour observer les rivages de la mer et ses effets. Cependant ce n'est que par des observations constantes et réitérées sur les mouvemens de la mer, l'effet et la direction des vents, le gisement des côtes, la destruction des rivages, &c. que l'on pourra parvenir à établir les principes qui doivent servir à projeter convenablement, et à bien construire les ouvrages maritimes. Il ne paraît pas qu'on ait fait encore, ou au moins publié beaucoup d'observations de ce genre; aussi, depuis *Vauban* et presque jusqu'à nos jours, on a, pour ainsi dire, servilement copié les projets que cet ingénieur a fait exécuter.

Dans l'enseignement donné aux élèves sur cette partie des travaux publics, on a donc cru devoir leur montrer le champ vaste qu'ils avaient à parcourir, et leur indiquer ce qui devait être le principal objet de leurs observations.

Les ports maritimes et les rades ont donc été considérés sous deux points de vue, relativement à leur objet, et par rapport à la disposition générale de leur ensemble.

Un port est un espace circonscrit que la mer remplit ou constamment

ou alternativement, dans lequel les navires peuvent se réparer, prendre ou déposer leur chargement, sans être exposés aux effets dangereux des vents et de la mer.

Une rade est un espace de mer en avant d'un port ou d'une plage, où les navires doivent toujours trouver assez d'eau pour mouiller, et un fond assez solide pour que leurs ancres puissent tenir. Les convois s'y rassemblent, et les bâtimens y attendent un vent favorable pour se rendre à leur destination, ou les circonstances nécessaires pour entrer dans un port.

Les ports de l'Océan dans lesquels on ne peut entrer de basse mer, s'appellent *ports de marée.*

Les rades exposées aux vents régnans s'appellent *rades foraines.*

Les ports et les rades ont un objet commun; c'est de procurer un abri contre la tempête, et un refuge pour éviter l'attaque d'un ennemi supérieur.

La disposition générale de leur ensemble dépend, 1.° de l'action et des effets de la mer et des vents; 2.° de la destination des établissemens maritimes qu'on veut former ou améliorer.

L'on a donc considéré, 1.° les mouvemens de la mer occasionnés par le flux et reflux; ce qui a donné occasion de parler des causes des marées, et de développer les phénomènes de leurs périodes journalières, menstruelles et annuelles. On a fait connaître leurs époques remarquables, leurs variations, ainsi que les phénomènes extraordinaires que l'on remarque quelquefois dans leur mouvement. Enfin, l'on a expliqué ce qu'on entendait par l'*établissement* d'un port.

2.° On a indiqué l'effet que produisaient le gisement et les inégalités du fond sur le mouvement et la direction des marées; c'est de-là que naissent les courans principaux et secondaires, les contre-courans, les verhaules et les sous-courans, &c.

Les courans principaux ont lieu de cap en cap; les anses, les baies, les renfoncemens produisent les courans secondaires, les contre-courans, les verhaules. Une ligne très-remarquable sépare toujours les courans des contre-courans : on la nomme *lime*, du mot latin *limes*; et on observe que cette ligne est d'autant plus éloignée des renfoncemens qui les occasionnent, que ces renfoncemens sont plus grands.

3.° On

3.° On a parlé des ondes, des vagues et des lames produites par l'action des vents sur la mer, et de la différence de ces trois effets. On a fait observer le rapport qu'il y avait entre le mouvement des ondes et celui d'une masse d'eau qui oscille dans un tube recourbé, et l'on a remarqué que l'un et l'autre étaient *isochrones;* et que, contre l'opinion vulgairement reçue, les ondes n'étaient point animées d'un mouvement de translation, mais uniquement d'un mouvement d'élévation et d'abaissement.

L'action des vents sur les mers qu'ils agitent, a fait placer ici des observations sur les vents régnans, et sur la nécessité de bien remarquer leur direction et leur intensité, pour les comparer aux effets qui en résultent. Ces effets principaux, et qu'il importe à l'ingénieur de bien connaître, sont le résultat des efforts de la mer contre les obstacles qu'on lui présente; la destruction des côtes et les attérissemens en sont la suite.

La mer tend à détruire les obstacles qu'on lui présente, soit en les attaquant directement, soit en les affouillant à leur base; la grande hauteur à laquelle s'élève en lames, la mer qui choque les parois de ces obstacles, est la principale cause des affouillemens: la forme et la position de ces parois influent diversement sur les résultats du choc, considéré relativement à sa direction: elles influent de même sur ses effets, qui varient d'ailleurs comme le genre de construction des obstacles attaqués.

Si les obstacles ont leurs parois verticales, alors ils offrent une plus grande réaction à la lame qui les frappe, et les affouillemens à leur pied sont beaucoup plus à craindre. Cette réaction et l'effet des affouillemens diminuent en raison de l'inclinaison des parois.

La destruction des côtes est encore un des grands effets de la mer agitée. Le mouvement des ondes et celui des vagues ne suivent pas la même loi: les premières, abstraction faite des courans, oscillent sans aucun mouvement de progression; les vagues au contraire viennent se briser et porter leur action sur les rivages, dans une direction parallèle à celle des vents régnans.

La destruction des côtes est en raison de leur gisement, et de la plus ou moins grande densité des matières qui les forment; delà naissent les alluvions et les attérissemens, qui peuvent être considérés, par rapport à leur mouvement, à leurs effets, et à la forme de leur dépôt.

Leur mouvement dépend de l'action des vagues, et de la direction des vents régnans. Leurs effets sont d'accélérer quelquefois la destruction des côtes qui les produisent, de combler l'entrée des ports, et d'obstruer l'embouchure de tous les affluens qui se rendent à la mer: de là des inondations, des eaux stagnantes, des exhalaisons pestilentielles, des maladies putrides, &c. Leur dépôt n'a jamais lieu dans une direction rectiligne ; les attérissemens ont dans leur plan et dans leur profil une courbure qui leur est propre.

C'est de l'analyse des observations indiquées ci-dessus, sur les effets qui résultent des différens mouvemens de la mer, que l'on a déduit des principes applicables à la construction des jetées, des moles, des digues, des écluses, et d'une grande partie des ouvrages qui constituent les établissemens maritimes que l'on veut former ou améliorer.

Ces établissemens peuvent avoir des destinations différentes, d'où dépend la disposition des projets ; ils peuvent être relatifs à la guerre maritime, ou seulement au commerce.

Dans l'un et l'autre cas, les rades doivent être abritées contre les vents régnans. — Leur superficie doit être relative à leur objet : une rade trop vaste est souvent trop agitée ; dans trop peu d'étendue, les convois ou les escadres exécutent avec gêne les mouvemens et les manœuvres nécessaires. — Elles doivent jouir d'une bonne hauteur d'eau: trop de profondeur rend le mouillage moins assuré; il faut filer une trop grande longueur de cable : trop peu de profondeur serait dangereux; il faut que dans le tangage, les navires ne talonnent point. — Elles doivent être d'une bonne tenue : avec un fond trop dur, l'ancre dérape, et prend difficilement ; elle chasse dans un fond trop mou. — Il n'y faut point de roches, ni bancs d'huîtres ou de corail ; ils usent les cables et les coupent. — Un fond herbeux est suspect. — Les sables vaseux, les argiles, et ce que les marins appellent terre marneuse, forment les meilleurs fonds.

Les rades doivent être d'un accès facile, et sur-tout par les vents les plus à craindre; en un mot, elles doivent pouvoir être protégées contre les attaques d'un ennemi puissant.

Le développement des différentes propriétés qui doivent constituer une

bonne rade, a fait naître des observations sur la superficie et la hauteur d'eau nécessaire au mouillage; sur la grandeur des passes; sur la nécessité de s'assurer de la permanence du fond.

On a passé ensuite aux considérations relatives aux ports, soit pour la marine, soit pour le commerce.

Le choix de l'emplacement à donner à un port de marine militaire, est un des objets les plus importans dont on doive s'occuper. On doit considérer, dans sa position, celle des ports militaires des nations rivales ou ennemies; les parages plus ou moins fréquentés par les bâtimens de commerce; les attérages plus ou moins dangereux, et les courans ou les raz qui peuvent les faciliter ou les contrarier; le gisement des côtes adjacentes, qui permet le louvoyage, ou s'y oppose; les vents régnans qui doivent favoriser, s'il est possible, autant la sortie que l'entrée du port; les alluvions que les vagues transportent vers son entrée; enfin la possibilité de le couvrir d'une rade plus ou moins abritée, et surtout d'une bonne tenue.

Les accès doivent toujours en être faciles, sûrs et débarrassés de tous obstacles; il faut qu'ils soient praticables à toutes les marées, sur-tout si le port n'est pas précédé d'une bonne rade.

A l'égard de l'intérieur du port, les vaisseaux et les autres bâtimens de guerre doivent y être tranquillement et toujours à flot. Il doit y avoir des moyens faciles de construction, de radoub et d'armement.

Toutes ces conditions à remplir exigent l'exécution de beaucoup d'ouvrages différens : des jetées, des moles et des digues; des murs de quai et des écluses de différens genres; des formes et des cales, des pégoullères, des aiguades, des mâtures, des corderies, des forges; en un mot, des ateliers et des magasins de toute espèce.

Le temps n'a permis que d'énoncer, pour ainsi dire, le but et l'utilité de tous ces ouvrages, et d'indiquer quelques détails de leur construction. Au reste, l'enseignement de cette partie ne peut avoir tout son avantage, qu'en faisant étudier et dessiner tous les détails, ce qui ne peut avoir lieu que dans le cours annuel.

A l'égard des ports maritimes de commerce, ils exigent dans leur ensemble, et dans les dispositions particulières des ouvrages, à-peu-près

les mêmes considérations que les ports militaires; avec cette différence néanmoins, que ces dispositions doivent être subordonnées à des besoins beaucoup moins étendus, et qu'on laisse au commerce le soin de l'exécution des établissemens qui le concernent, tels que les ateliers, les magasins, les forges, les corderies, &c.

On a de plus observé, que l'emplacement d'un port de commerce, ou celui d'un port militaire, ne devaient pas être choisis d'après les mêmes principes. Un port de commerce doit être à portée des communications de l'intérieur, afin de diminuer les frais d'exportation et d'importation : il doit par conséquent n'être pas éloigné des embouchures des grandes rivières, ou des canaux de navigation, qui offrent les moyens de transport les plus économiques; tandis qu'un port militaire dont l'objet est de porter au large des forces maritimes qui doivent agir avec célérité, chercher et attaquer l'ennemi, protéger des convois, doit être placé dans la partie la plus saillante des côtes, afin que les escadres gagnent plutôt la pleine mer, et puissent, soit en sortant, soit en revenant au port, louvoyer avec plus de facilité.

Tel est le précis de ce qui a été enseigné sur la première partie de l'architecture, pendant le cours préliminaire. On a peu parlé des galeries des mines à exploiter, ainsi que des carrières; et c'est avec regret qu'on n'a pu donner que quelques développemens sur la construction des ouvrages, et que le temps n'a pas permis de parler des moyens d'exécution. Cette partie la plus intéressante de l'art de l'ingénieur, sur-tout dans les constructions hydrauliques, n'est pas encore bien connue : nous n'avons sur cet objet que quelques mémoires épars qu'il faudrait rassembler. On doit espérer que ce travail essentiel naîtra de l'enseignement qui sera donné aux élèves de l'école centrale; et l'on doit d'autant plus le desirer, que c'est un des grands moyens de mettre de l'économie dans l'exécution des travaux publics.

LAMBLARDIE.

SECONDE PARTIE.

L'INSTITUTEUR de la seconde partie de l'architecture civile ne peut donner qu'une note abrégée du cours préliminaire, qui n'offre encore

que le tableau rapide des grands principes de l'architecture, que les hommes de génie ont développés et appliqués dans leurs ouvrages, et qui malheureusement ont été si long-temps méconnus ou négligés. Les développemens de ces principes feront l'objet de l'enseignement et le complément de la première partie de l'art, qui fait en ce moment l'occupation des élèves.

Le peu d'espace dans lequel l'instituteur a été obligé de se renfermer, l'a mis dans la nécessité de réduire, et par conséquent de changer le plan d'instruction qu'il avait donné dans le programme ; ce qui suit, offre l'analyse succincte des principes qu'il a développés dans son cours.

Dans les premières leçons, l'instituteur a fixé l'attention des élèves sur les divisions dont l'architecture est susceptible ; savoir, sur la construction, la distribution et la décoration des bâtimens particuliers, des édifices publics et des monumens. C'est après avoir établi ces différences, qu'il a présenté l'histoire des progrès de l'art chez les Égyptiens, chez les Grecs et chez les Romains. A l'égard des premiers, il a fait connaître les grandes constructions et le but d'utilité vers lequel elles sont dirigées ; il a offert ensuite le tableau des édifices qu'ont fait construire les derniers, et dont les ruines attestent encore la magnificence, les lumières et le génie des peuples qui les firent élever. Il s'est aussi appliqué à faire sentir que si la nécessité et le besoin avaient donné naissance aux premières constructions, c'était à l'utilité publique que ces grands monumens devaient la leur. Il a ensuite jeté un coup-d'œil sur les édifices modernes ; il en a indiqué les défauts les plus frappans, et comment ces défauts étaient nés de l'ignorance des vrais principes de l'art, ou de leur abandon. Enfin, dans les dernières leçons, il s'est occupé d'en retracer la marche, comme la seule qu'on doive suivre désormais, si l'on veut rendre l'architecture à sa dignité, et donner à nos édifices et à nos monumens le caractère qui leur convient.

BALTARD.