

L'organisateur de l'éducation universelle

Poncelet se donne pour tâche de communiquer les conceptions les plus avancées à des hommes n'ayant reçu aucune formation spécialisée. Pour relever ce défi, il sait qu'il doit s'écarter de la méthode d'enseignement consacrée : il part, non des applications de la mécanique, mais d'une méthode géométrique qui permet de comprendre l'ensemble.

Jean-Victor Poncelet enseignant, organisateur de l'enseignement des Arts et Métiers : il y a là l'un des aspects les plus fondamentaux de son œuvre, et des plus fructueux à comprendre aujourd'hui. En effet, Poncelet est du même élan poète, géomètre, « mécanicien », militaire et enseignant : il puise au cœur de la création humaine, dans l'élaboration poétique, les moyens de son génie d'invention géométrique, qu'il n'applique pas de manière arbitraire ou abstraite, mais pour découvrir des technologies nouvelles, des procédés mécaniques perfectionnant l'industrie. Et son enseignement est à la fois ce qui maintient en vie cet élan – du poétique au mécanique – en le communiquant à d'autres, lui donne tout son sens en l'étendant constamment.

Poète et mathématicien, géomètre et mécanicien, savant et enseignant, Poncelet appartient à la grande lignée des Carnot, Monge, Ampère et Fresnel, le groupe d'hommes qui a donné son inspiration et son ampleur à la Révolution industrielle du XIX^e siècle.

On ne peut « diviser » les divers engagements de sa vie ; il n'est pas le « spécialiste » d'un domaine de connaissance, mais un véritable savant dont le regard embrasse tout. L'enseignement, et l'enseignement à ce qu'on appelait alors les « artistes et ouvriers », est l'indispensable abou-

JACQUES CHEMINADE

tissement de ce « tout » : un savant républicain se mesure à sa capacité de communiquer sa puissance de découverte à d'autres, à les « éveiller » à cette forme de générosité engagée qui les porte vers les générations futures.

Je crois qu'il est indispensable de faire aujourd'hui cette mise au point, tant les divisions de notre enseignement entre arts *et* métiers, lettres *et* sciences, civil *et* militaire – ce que j'appellerai le « saucissonnage positiviste », qui tue la découverte – a sévi, et rend difficile de mesurer le souffle que fait passer Poncelet.

C'est pendant les hivers de 1827-1828 et 1828-1829 que Poncelet a enseigné son cours de mécanique industrielle aux artistes et ouvriers messins – nous dirions aujourd'hui artisans, contremaîtres et ouvriers. Ces « cours du soir » sont le complément de ceux de mécanique appliquée aux machines qu'il professe à l'Ecole d'application de l'artillerie et du génie de Metz.

Lorsqu'il commence cet enseignement, Poncelet a déjà fait publier, en 1822, son *Traité des propriétés projectives des figures*, son grand ouvrage scientifique, ouvrage utile à ceux qui s'occupent des applications de la géométrie descriptive et

d'opérations géométriques ; et il a présenté en 1825 son *Mémoire sur les roues hydrauliques verticales à aubes courbes, mues par-dessous, suivi d'expériences en petit sur les effets mécaniques de ces roues*.

C'est donc un géomètre et mécanicien arrivé à la pleine possession de ses moyens qui enseigne ainsi à l'élite d'ingénieurs militaires de Metz et en même temps aux ouvriers. Nous avons là l'esprit même qui présida à la création de l'Ecole polytechnique de Monge et Carnot : la France et la République se bâtissent dans un lien social enrichi par l'enseignement de la science, touchant tant au sommet qu'à la base, et surtout animant les deux en même temps.

Rappelons d'abord ce que Charles Dupin, le grand disciple de Monge, écrivait de ce Poncelet : « *Il me faut rappeler le génie d'invention qui parvint à reculer les bornes de la science dans ses théories les plus abstraites, en même temps qu'il découvrit des moyens nouveaux d'appliquer les forces de la nature aux travaux d'une industrie perfectionnée.* »

Et cet engagement aux frontières devient naturellement enseignement. Écoutons M. de Chabaud la Tour, général de division, président du Comité du génie en 1866 : « *Il aidait puissamment à jeter les premiers fondements de ces cours publics qui, selon ses idées, doivent mettre les résultats les plus féconds de la science à la por-*

↳ *tée de tous, et en même temps rendre l'homme meilleur en lui montrant la puissance de travail de l'esprit, de la réflexion et du raisonnement substituée à l'emploi plus ou moins intelligent de la seule force physique et des procédés de la routine.* »

Ce faisant, à l'École d'application, neuf promotions ont été initiées par lui aux *principes de la science des forces*, et ses leçons publiques du soir ont profondément imprimé ces principes dans l'esprit de quelques centaines d'ouvriers. Poncelet a été le fondement même de l'essor industriel de Metz. Est-ce tout ? Non, car ses cours, comme ceux de Charles Dupin à Paris, ont été copiés dans le monde entier. Et c'est à juste titre qu'Henri Tribout a pu écrire que « *les cahiers lithographiés de Metz ont enseigné la mécanique à l'Europe entière* »¹ – et j'ajouterai, ayant trouvé des traces de ces cours en Amérique du Nord et du Sud, au monde entier.

Le fondement de son enseignement

D'où vient donc l'impulsion de Poncelet ? Qu'enseigne-t-il de si fondamental ? Comment la transmission du savoir par un groupe d'hommes relativement si petit a-t-il été le cœur de l'essor de l'humanité aux XIX^e et XX^e siècles ? Comment l'effort entamé par un homme seul dans sa prison de Saratov, mû par l'enseignement reçu de Monge à l'École polytechnique, a-t-il pu marquer si profondément l'histoire ?

C'est le fondement de l'enseignement de Poncelet que nous devons examiner pour répondre à ces questions. Prenons d'abord les textes rédigés par Poncelet lui-même sur son enseignement, car l'examen des sources originales est toujours plus sérieux que toutes les opinions émises sur ces sources, et ensuite, nous replacerons l'enseignement de Poncelet dans le grand courant de Polytechnique et des Arts et Métiers, pour montrer son dessein et vers quoi il a porté.

Prenons donc les deux textes de Poncelet sur ce point : son *Discours prononcé le 5 novembre 1827 à l'ouverture du Cours de mécanique industrielle à Metz*, pour « *former*

des ouvriers intelligents et habiles, des artistes, des chefs d'atelier instruits, capables de diriger, de tracer et d'exécuter avec précision [...], d'atteindre le plus haut degré de perfection », et son *Introduction à la Mécanique industrielle* de la même époque, puisque la première édition date d'avril 1829, et qu'il s'agit du « *point d'appui et complément aux leçons que je professe depuis 1827, en faveur des ouvriers de la ville de Metz* ».

La méthode, tout d'abord : elle s'inspire des leçons de mécanique de Charles Dupin au Conservatoire des Arts et Métiers de Paris. Dupin veut « *enseigner aux simples ouvriers les conceptions les plus avancées de la science* » ; il présente sa méthode dans son *Discours prononcé à l'ouverture du Cours normal de géométrie et de mécanique appliquées aux arts sur les prospérités de la France*, le 30 novembre 1826, au Conservatoire de Paris : « *On a commencé par croire que les vérités mathématiques étaient nécessairement inintelligibles pour de simples ouvriers, parce qu'elles sont présentées, dans les livres dogmatiques, sous des formes abstraites et difficiles ; on a cru qu'il n'était pas possible de les rendre aisées et palpables : c'était une erreur ; la méthode seule était défectueuse. Il n'existe aucun principe mathématique, applicable aux travaux des arts, qu'on ne puisse, avec un peu d'étude, trouver le moyen de faire aisément comprendre à tout individu qui possède une intelligence ordinaire. Pour démontrer cette vérité, je n'irai pas chercher en exemple les principes élémentaires de la simple géométrie, ou les combinaisons mécaniques les moins compliquées. Je choisirai des lois mathématiques que les peuples savants ont cherchées durant cinquante siècles, avant de les découvrir.*

« *Supposons que, pour délasser un instant l'esprit des ouvriers qui suivent le cours de géométrie et de mécanique appliquée aux arts, je veuille leur montrer dans la nature les formes géométriques dont leur industrie fait usage. En peu de mots, je pourrais, ce me semble, rendre clair cet admirable système du monde, qu'il a fallu cinq mille ans pour découvrir et calculer. Je dirais au ferblantier, au plombier, au chaudronnier, au tourneur : quand vous taillez de biais un tuyau, un rouleau, un entonnoir, vous faites une coupe*

ovale ; et vous, jardinier, vous tracez le même ovale avec un cordeau et des piquets ; supposez que votre ovale ait pour longueur deux cents millions de lieues ; remplacez un piquet par une boule éternellement lumineuse, un soleil 1 348 460 fois plus gros que la terre ; enfin la terre elle-même, faites-la rouler sur cet ovale, avec une vitesse de vingt-trois mille lieues par heure. Alors vous aurez l'idée de la force immense que le Tout-Puissant emploie pour mouvoir l'un des moindres globes d'un des moindres mondes, qui comptent autant de soleils que nous pouvons compter ou plutôt supposer d'étoiles dans l'étendue de l'univers. Tracez ensuite autour du même piquet, centre du soleil, autant d'ovales que de planètes, en les inclinant plus ou moins, en les faisant de la largeur et de la longueur que je puis vous donner en chiffres, et voilà les routes des planètes ; enfin chaque planète est le soleil de ses satellites et le foyer de leur ovale.

« *Voilà comment nous ferons aisément comprendre aux ouvriers la grandeur de notre système solaire et celle des masses qui le composent, et l'ordre si simple, si beau, et j'ose dire si divin, des mouvements éternels qui en règlent les phénomènes. Cette idée qu'ils auront acquise en peu de minutes, je le répète, des peuples policés, illustres par les œuvres de leurs arts, ont cultivé les sciences, durant des siècles, sans pouvoir s'élever aux mêmes connaissances.* »

Il s'agit donc de communiquer les conceptions les plus avancées à des hommes n'ayant reçu aucune formation spécialisée : là où pour une méthode algébrique ou arithmétique il y aurait impossibilité, une méthode géométrique au contraire permet de relever le défi. Poncelet, qui seul dans sa prison de Saratov, sans disposer de livres ou même parfois de papier, avait jeté les bases de la géométrie projective, était particulièrement apte à comprendre et relever l'enjeu.

Il est donc dès le départ tout à fait conscient de s'écarter de la méthode d'enseignement consacrée : il part, non des applications de la mécanique, mais d'une *méthode géométrique* qui permet de comprendre l'ensemble : « *Point de mécanique sans géométrie [...]* ce qu'il nous importe le plus de retenir et de bien posséder, c'est le sentiment de la proportionnalité, c'est la théorie



Salle de l'école gratuite de dessin industriel au Conservatoire des Arts et Métiers.

des proportions ou de l'égalité des rapports considérés. »

Il part non d'objets fixes, finis (les différentes machines et les moyens de les utiliser), mais des rapports harmoniques entre les choses, des principes géométriques d'action qui ont permis de les construire.

Écoutons-le dans son avant-propos à l'*Introduction à la Mécanique industrielle*, dont la première édition date d'avril 1829 : « *Je me suis ainsi familiarisé avec une manière de voir qui diffère, à quelques égards, des idées généralement admises dans l'enseignement de la Mécanique élémentaire, et qui se rapproche davantage de la méthode qu'ont adoptée le petit nombre des géomètres qui ont cultivé spécialement la science des machines. Je veux parler du principe général des forces vives et des notions qui s'y rattachent, principe qu'il ne faut pas confondre avec celui de la conservation des forces vives dû à Huygens ; car ce dernier n'a lieu que sous certaines conditions particulières, tandis que le premier subsiste, sans conditions quelconques. »*

Pour Poncelet, le principe des

forces vives n'est lui-même qu'un corollaire immédiat du principe général de la transmission de l'action ou du « travail mécanique » : il ne part pas des simples applications du principe, mais tente de donner une théorie générale des lois du mouvement des machines. Pour lui comme pour Leibniz, la substance est d'abord action, et non un corset de règles à déduire.

Au-dessus du pragmatisme expérimental et de l'abstraction impuissante, sa démarche est géométrique expérimentale : son cours débute par les notions fondamentales – force, temps, mouvement – et s'appuie immédiatement sur des « données positives et des chiffres exacts, sur une instruction solide nourrie de principes d'une application immédiate dans les arts ». Il échappe ainsi à la division « classique » de l'enseignement français entre abstrait-général et concret-pratique, car il étudie les transformations, les changements d'état exprimés par du travail. Il écrit ainsi : « *Travailler, c'est vaincre ou détruire, pour le besoin des arts, des résistances telles que la force*

d'adhésion des molécules des corps, la force des ressorts, celle de la pesanteur, l'inertie de la matière. »

Ce « travail mécanique » n'est pas seulement une résistance temporairement vaincue, mais « *une résistance constamment détruite le long d'un chemin parcouru par le point où elle s'exerce et dans la direction propre de ce chemin* ». L'étude des machines est donc l'étude des diverses représentations temporaires et progressives que prend le principe de « moindre action », les résistances temporairement vaincues (chaque machine) sur le chemin de la résistance constamment vaincue vers une quantité de travail toujours plus grande pour une action moindre.

Poncelet, suivant cette approche, étudie les lois de résistance aux flux dans divers milieux, et recherche la configuration géométrique la plus efficace dans la relation entre l'objet considéré et le milieu dans lequel il agit, en vue de l'effet désiré, un accomplissement supérieur de travail. Sa méthode géométrique n'est pas ainsi une « spécialité » à côté de sa « spécialité » mécanique, mais elle est le fondement sur lequel reposent ses connaissances sur la mécanique et sa constante découverte de machines ou de procédés industriels. Il n'y a aucune coupure entre le Poncelet « géomètre » et le Poncelet « mécanicien », mais les accomplissements concrets d'une méthode générale. Sa pensée est ainsi proche de celle d'un Léonard de Vinci, dans une tradition que Polytechnique (où la méthode de Léonard était enseignée, notamment son exploration des perspectives non linéaires) avait fait renaître.

Dans son *Discours* prononcé le 5 novembre 1827 à l'ouverture de son cours de Mécanique industrielle de Metz, Poncelet, après avoir défini la tâche qu'il se fixe (« *former des ouvriers intelligents et habiles* ») souligne une nouvelle fois qu'il « *n'est point de mécanique sans géométrie. [...] Ce qu'il nous importe le plus de retenir et de bien posséder, c'est le sentiment de la proportionnalité, c'est la théorie de proportions ou de l'égalité des rapports considérés* ».

Reconstruire en soi-même

Il explique ensuite quelle est la manière la plus fructueuse d'assis

⇨ miler ce qu'il va enseigner.

L'on ne peut d'abord apprendre ce qu'il enseigne avec les seules ressources de la mémoire, le mémoriser comme une chose venue de l'extérieur. La manière d'apprendre doit être cohérente avec la méthode apprise : il faut intérioriser, reconstruire en soi-même, refuser tout préjugé en établissant par le travail de découverte son autorité intérieure. Il écrit ainsi : « *Les choses qu'on a pris le soin de consigner ou rédiger par écrit d'après ses propres idées font, sur l'esprit, une impression beaucoup plus vive et plus durable que celles qui sont confiées simplement à la mémoire, d'après la lecture d'un texte ou l'audition d'un discours.* » Pasteur parlait du « Dieu intérieur », ce mot qui en grec se dit « enthousiasme »... Après avoir ainsi bâti son identité en acquérant la connaissance, Poncelet montre qu'on ne peut l'assurer et l'étendre qu'en la communiquant aux autres. Celui qui « sait déjà » est en effet enseigné par l'effort de celui qui ne « sait pas encore » pour savoir. C'est pourquoi il n'est d'enseignement que « mutuel » : « *La ressource excellente [...] de former des réunions à jour fixe, où les plus habiles transmettront à ceux qui le sont moins les éclaircissements indispensables que comporte chaque sujet, même la rédaction complète de la leçon précédente. [...] Je compte à cet égard sur la bonne volonté, le zèle de chacun de vous, et particulièrement sur ceux des auditeurs dont l'instruction mathématique est la plus avancée, bien persuadé qu'ils se donneront davantage de peine à faire profiter ceux qui seront moins forts qu'eux. C'est en effet [...] en essayant de faire comprendre aux autres les principes d'une science qu'on parvient à bien les concevoir soi-même.* »

La « preuve » de la connaissance acquise est la capacité d'en faire usage, de transformer la matière grâce à elle. C'est ce que Poncelet et Dupin appellent la « dynamie » : la mécanique ne peut être apprise qu'en en faisant les « applications les plus immédiates à la science des machines, notamment aux propriétés et aux effets des moteurs animés ou inanimés. [...] Les leçons orales seront suivies immédiatement du tracé des épures, ou dessins nécessaires, pour vous mettre en état, non seulement

de bien comprendre et de bien retenir, mais d'exécuter les pièces en modèles ou dans leur grandeur naturelle. »

Ainsi, dit Poncelet, « nous ne pouvons avoir la prétention de vous enseigner les méthodes et les procédés particuliers à chaque art, mais bien ce qui leur appartient en commun, ce qui leur sert de principe à tous ».

Le but ultime de l'enseignement est en effet d'étendre au-delà des choses enseignées le champ de la connaissance humaine : « *Vous faire devenir inventeurs d'appareils, de procédés nouveaux qui recommanderont vos noms à la reconnaissance des hommes.* »

Toutefois, cette capacité positive de « découvrir » ne peut être donnée à tous : « *Peu arriveront au niveau le plus élevé, celui de la découverte.* » La capacité « négative », essentielle, doit du moins devenir chose commune : le refus d'accepter le « faux savoir ». Poncelet poursuit : « *Mais du moins nos leçons auront servi à vous prémunir contre les chimères, contre les rêveries d'une imagination déréglée qui, manquant des principes sûrs de la science, se croit appelée à enfanter des prodiges que la saine raison désavoue. [...] Elles vous auront aussi prémuni, ces leçons, contre le charlatanisme des brevets, des assurances d'une foule de prétendus perfectionnements, de prétendues inventions que n'a point encore sanctionnées l'expérience, et dont souvent vous apercevrez sur le champ le ridicule ; elles vous mettront en état de distinguer, après un examen convenable, le vrai du faux, le possible de l'impossible, ce qui est bon et véritablement utile de ce qui ne l'est pas ; elles vous convaincront enfin, que les arts se perfectionnent graduellement ; que les découvertes qui excitent l'admiration de notre siècle, ont été amenées par d'autres découvertes analogues, et ont souvent coûté le travail d'une vie laborieuse tout entière, même celui de plusieurs générations successives, pour arriver au point de perfection où nous les voyons de nos jours.* »

« *Plus vous aurez appris, plus vous serez en garde contre les séductions de l'amour-propre... car il faut beaucoup de savoir pour reconnaître qu'il reste beaucoup à apprendre ; voilà pourquoi l'homme véritablement instruit, l'homme d'un grand talent, est essentiellement modeste. [...] »*

Ici, Poncelet, qui utilisé la méthode constructive, socratique, re-

joint la définition fondamentale de la connaissance que donne Platon : « *Savoir, c'est d'abord savoir ce que l'on ne sait pas.* »

Les « polytechniciens »

Poncelet n'est pas un grand penseur isolé ; il appartient à la seconde génération d'un mouvement qui a jeté les bases de tout l'enseignement des XIX^e et XX^e siècles. Ce mouvement a pour origine le groupe de « savants républicains » rassemblés au sein du Comité d'instruction publique. Carnot, Chaptal, Fourcroy, Monge, Prieur, pour ne citer que quelques noms, prirent part à la création de l'Ecole polytechnique, sommet de l'édifice, de l'Ecole de droit, du Conservatoire des Arts et Métiers, de l'Institut, de l'Ecole normale de l'an III, du Bureau des Longitudes, des Ecoles d'application, des écoles du Muséum d'histoire naturelle, du Conservatoire de musique.

La seconde génération, celle de Poncelet, comprenait les Fresnel, les Dupin, les Biot, qui étendirent le mouvement dans tous les champs de la science, des plus « abstraits », comme la géométrie projective ou l'étude de la lumière, aux plus « concrets », comme la mécanique ou l'« histoire naturelle ».

Carnot, Chaptal, Monge et Dupin ont une même conception de l'enseignement : perfectionner l'homme en développant ses pouvoirs créateurs non dans l'abstrait et l'arbitraire, mais dans sa capacité de transformer l'univers, ce qu'ils appelaient son « jugement industriel ».

Carnot et Monge, en particulier, se sont en effet toujours opposés, avec leur ami Chaptal, à ceux qui veulent simplement enseigner aux « ouvriers » à se servir d'une machine ou d'un outil ; un ensemble de gestes ou de règles fixes par rapport à un instrument de travail dont le principe de création et le fonctionnement n'a pas été enseigné. A une telle conception « féodale », qui adapte l'homme à des choses créées extérieurement à sa volonté, « l'instruction publique » oppose le développement du « jugement industriel », la capacité de comprendre le processus scientifique – la découverte – animant la machine qui engendre et soutient chez le travailleur la volonté plus

large d'intervenir dans la vie publique de sa nation pour y défendre le progrès que lui-même « vit ». Une « pratique universelle » se substitue ainsi à une « pratique restreinte » et, la raison informant cette pratique, des travailleurs attachés au progrès général remplacent « des prolétaires travaillant sans la conscience de leur œuvre, habiles en leur tour de main, mais ignorant de toutes les choses en dehors du métier ».

Concrètement, la conception de Carnot, de Chaptal et de Monge, que reprennent et étendent Dupin et Poncelet, est à l'opposé de la conception bestiale, spartiate, du travail humain défendue, par exemple, par un Michel Le Peletier de Saint-Fargeau, qui voulait soustraire les enfants à leurs parents et les réunir dans des « maisons d'éducation nationale », en leur donnant pour formation de base le travail manuel. Sur le terrain, Carnot, Monge et Chaptal entreprirent le premier exemple révolutionnaire de « formation accélérée » aux conceptions les plus avancées dans leur « Cours révolutionnaire pour les armes, les poudres et le salpêtre ». Ils formèrent là en quelques semaines une force de travail qualifiée (mécaniciens, chimistes, métallurgistes) dans ce domaine, alors que la France en manquait totalement et que le sort de la guerre dépendait du succès de leur formation.

Dans son introduction à ses *Applications d'analyse et de géométrie* qui ont servi en 1822 de principal fondement au *Traité des propriétés projectives des figures*, Poncelet critique les méthodes d'enseignement des mathématiques, qu'il juge trop compliquées, abstraites, « *scolastiques et pédantesques* » – des méthodes, dit-il, qui n'ont rien à voir avec les admirables leçons de Monge et de Lagrange, notamment, à l'École normale et à l'École polytechnique.

La méthode permettant un essor aussi rapide des pouvoirs créateurs est celle de ce que Carnot appelait, dans son *Eloge de Vauban* (1783), la « *géométrie naturelle* », que le *Journal de Crelle* appellera la « *géométrie pure* », et que Poncelet désigne, lui, par le terme de « *géométrie supérieure* ».

De quoi s'agit-il ? Comme nous l'avons vu avec Poncelet, d'aller droit à l'essentiel : enseigner les transformations, le principe de



Lazare Carnot (1753-1823).
La méthode permettant un essor aussi rapide des pouvoirs créateurs est celle de ce que Carnot appelait, la « *géométrie naturelle* ».

moindre action propre au travail, et non des règles abstraites. Carnot oppose cette géométrie naturelle, dont les « *principes sont pour ainsi dire dans le sentiment* », et qui bien qu'étant plus élevée est néanmoins plus accessible, à la « *géométrie acquise* » ou analyse. Cette dernière est « *l'art abstrait de faire des systèmes, l'art de tracer sur du papier des lignes assujetties dans leurs dispositions réciproques à des conditions presque arbitraires qu'on avait revêtues du titre important d'axiomes* ». Elle est extrêmement utile pour mesurer et produire une fois que la découverte a été effectuée ; elle est « *l'art de la précision* », qui obéit à la rigueur logique et aux principes héréditaires de la déduction.

La géométrie naturelle, elle, n'est pas un simple moyen de transmission, un « langage neutre » ; elle est le lieu où s'accomplit l'acte créateur. Elle est l'art d'organiser les transformations successives de l'univers, de « saisir des rapports nouveaux et les développer ».

La faille fondamentale de l'enseignement est de prétendre que la découverte peut être réduite aux termes de la « *géométrie acquise* », de l'analyse, et donc de communiquer un corps de savoir neutre, déductif, coupé de la passion de construire,

de créer. La conséquence est de ne jamais plus découvrir que ce que l'on savait déjà, d'enclôre l'univers dans les limites logiques préalablement imposées !

La meilleure preuve que l'on puisse trouver de cette faille, qui conduit à une société close, sans développement, est l'affirmation d'Augustin Cauchy *Sur les limites de la connaissance humaine* (Cherbourg, 1811), déjà citée par Emmanuel Grenier.

L'on objectera peut-être que ce texte de Cauchy est un texte de jeunesse ; cependant, ce qu'il est essentiel de comprendre est la logique de son raisonnement. Si l'on part en effet de la géométrie acquise comme instrument de connaissance, le monde est un ensemble de règles fixes et finies, auxquelles l'intelligence humaine s'initie. Ce monde-là est défini par sa « limite », et s'y conformer aboutit nécessairement à des considérations pessimistes sur les capacités humaines, puis à des actions conformes à ces considérations. Le Club de Rome n'est ainsi autre, aujourd'hui, qu'une remise au « goût du jour » de la perspective d'Augustin Cauchy, aboutissant à la conclusion du « surpeuplement » et à la nécessité d'un contrôle démographique...

Tout autre est le point de vue de la géométrie naturelle. Méthode de l'invention, elle ne part pas d'un monde clos, entropique, mais pour elle la substance est action, et l'homme se réalise lui-même en tant que particularité cohérente avec cette action, en tant que puissance de travail active. L'univers n'est pas formé de « règles-limites », mais de transformations successives que l'homme maîtrise à son avantage.

Ainsi, en 1806, dans un *Rapport à l'Institut sur les travaux du physicien Niepce*, Carnot écrit : « *C'est toujours une chose précieuse que la découverte d'un nouveau principe moteur dans la nature, lorsqu'on peut parvenir à en régulariser les effets, et le faire servir à ménager l'action des hommes. [...] Les Anciens ne connaissaient que peu ces principes moteurs, ils n'employaient que les êtres vivants, les poids, la chute d'eau ou le vent. Ces forces étant toutes développées par la nature elle-même, il ne fallait pour les appliquer que la connaissance des effets du levier. [...] Mais ces assemblages de leviers ne sont que des masses inertes, propres seulement à*

↳ transmettre l'action de masses mouvantes, sans jamais l'augmenter : c'est le principe moteur qui fait tout. Les modernes ont découvert plusieurs principes moteurs, ou plutôt ils les ont créés, car quoique leurs éléments soient nécessairement préexistants, dans la nature leur dissémination les rend nuls sous ce rapport ; ils n'acquiescent la qualité de force mouvante que par des moyens artificiels : telle la force expansive de l'eau réduite en vapeur, telle la force ascensionnelle qui lance l'aérostat dans les airs. »

La roue de Poncelet et le principe de moindre action

Cette conception « optimiste » d'un homme créateur élargissant constamment son domaine d'intervention dans la nature est à l'opposé du monde « axiomatique » de Cauchy. Et c'est cette conception qui a permis à l'homme de « maîtriser la nature », de « croître et se multiplier ».

La « roue de Poncelet » en est une application exemplaire. Dans son *Mémoire à l'Académie des sciences* de 1824, Poncelet présente une roue hydraulique à aubes courbes : ce dispositif permettra de donner les six dixièmes de l'effet absolu, et il marchera même fortement noyé dans les eaux de l'aval. Auparavant, on dépassait difficilement les trois dixièmes : avec la découverte de Poncelet, on double donc le gain d'énergie en diminuant de moitié sa déperdition ! Cette invention a été fondamentale au développement de la révolution industrielle. Quel est l'apport de Poncelet ? Avant lui, les dispositifs à roues planes perdaient près des trois quarts du travail moteur qu'on leur confiait. L'idée de Poncelet a été de courber les aubes en les raccordant à peu près tangentiuellement avec la circonférence extérieure, de manière à ce que l'eau y arrivant sans choc les quitte aussi sans vitesse trop sensible. Il ne s'agit pas ici du résultat d'un calcul algébrique mais d'une conception géométrique du travail. Poncelet étudie le problème comme le faisait avant lui Léonard de Vinci, en dessinant les deux circonférences et en cherchant la forme la plus adéquate des aubes pour éviter des effets de tourbillon, donc des déperditions

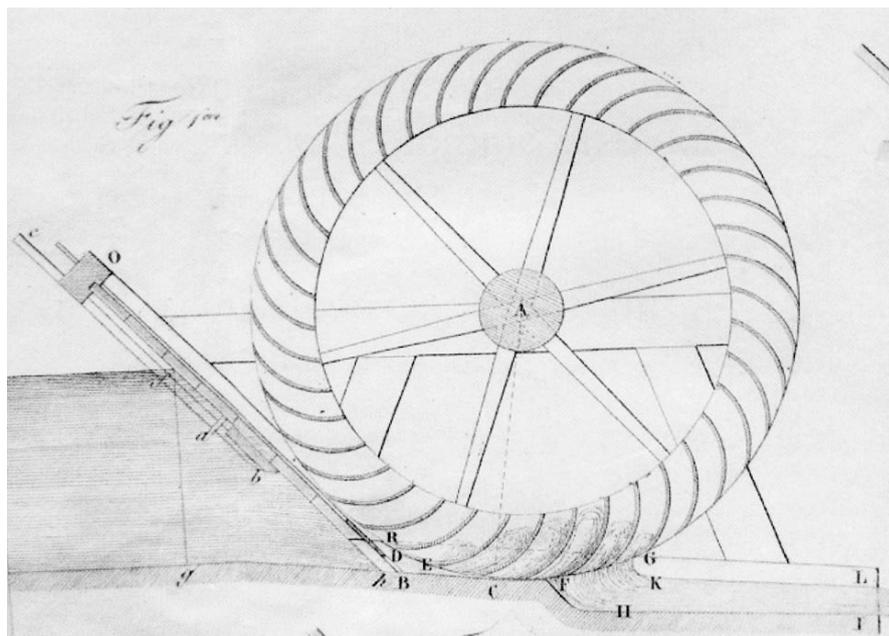


Figure tirée du *Mémoire sur les roues hydrauliques verticales à aubes courbes, mues par-dessous*, écrit par Poncelet en 1825.

d'énergie. Il s'agit ainsi bien de ce que Carnot appelait la « découverte d'un principe moteur », et qui ne peut être réalisé avec la « géométrie acquise » ! Le général Didion, dans sa *Notice sur la vie et les ouvrages du général Poncelet*², écrit ainsi : « [Poncelet] a remplacé avec succès les opérations compliquées du calcul par les notions les plus simples des figures. [...] Il a pu traiter ainsi de l'action directe et opposée des forces, des principales circonstances du mouvement des corps et de leurs applications aux machines et aux moteurs, et arriver à une solution heureuse du tracé des engrenages. »

Suivant cette méthode, il dessine deux cercles tangents, décompose leurs rotations réciproques, et élabore la forme des engrenages de manière à avoir toujours deux dents imbriquées, avec un minimum de frottement.

Là aussi, la méthode de construction est géométrique, basée sur l'étude de l'action circulaire.

Dans son *Cours de Mécanique appliquée aux machines*, Poncelet énonce clairement le principe de moindre action, qui détermine la construction de chaque pièce et l'arrangement des pièces entre elles pour permettre la plus grande efficacité de la machine : « Or on donne toujours, tant à ces pièces extrêmes qu'à celles qui servent

d'intermédiaires, et qu'on nomme les communicateurs de mouvement, un degré de solidité, de rigidité ou d'inextensibilité suffisant pour que, sous les efforts qu'elles ont à supporter, elles conservent une forme sensiblement invariable et transmettent la vitesse, sans perte appréciable, d'une extrémité à l'autre de la machine, c'est-à-dire par des lois dépendant uniquement de la constitution géométrique de la machine. »

Il faut ajouter que, dès le début de sa vie, Poncelet s'est servi de la méthode géométrique pour agir et enseigner. Écoutons encore le général Didion décrivant une anecdote célèbre survenue à Saint-Avold, en Lorraine, alors que Poncelet n'était qu'un jeune adolescent : « Les souterrains de la ville étaient la terreur de beaucoup de gens du pays. Personne n'osait y pénétrer et il s'y passait, assurait-on, des choses aussi effrayantes que mystérieuses. Poncelet, jeune déjà, ne pouvait tolérer ni les mystères ni les préjugés. Il résolut donc de sonder le mystère. [...] Il excita le courage de ses petits compagnons, les décida à tenter une entreprise d'exploration et se chargea de guider leurs pas. [...] Il les conduisit sous les longues et obscures voûtes, qui n'étaient que des galeries de mines abandonnées depuis longtemps. [...] Il s'était muni de papier, et y traçait au crayon le chemin qu'il suivait. [...] La raison domi-

nant la peur, il ramènera au jour sa petite troupe après six longues heures d'excursion souterraine. »

Peut-on imaginer meilleure illustration de la raison triomphant des ténèbres, grâce à une méthode de découverte géométrique ?

C'est à la même source que Poncelet puise lorsqu'il est captif en Russie, à Saratov. Réduit au dénuement par ses geôliers, sans livres ni parfois papier, il reconstruit par la base l'édifice de ses connaissances, et établit ainsi les principes de ce qui sera la géométrie projective. « Il n'avait, écrit Didion, gardé aucun souvenir des données algébriques des sciences mécaniques, il ne se souvenait que des théories purement géométriques sur la composition des forces. » Dans son *Traité des propriétés projectives des figures*, Poncelet décrit son objectif : « Offrir des moyens généraux propres à démontrer et à faire découvrir d'une manière facile cette classe de propriétés dont jouissent les figures quand on les considère d'une manière purement abstraite et indépendamment d'aucune grandeur absolue et déterminée. [...] De telles propriétés subsistent, à la fois pour une figure donnée et pour toutes les projections et perspectives ; on a donc dû les distinguer de toutes les autres par le nom générique de propriétés projectives qui en rappelle, de manière abrégée, la véritable nature. »

Et c'est grâce à cette méthode, dans la lignée de la géométrie enseignée par Monge à Polytechnique, que Poncelet parvient, comme Dupin, à communiquer les plus hautes conceptions de la science aux simples ouvriers. Écoutons encore le général Didion : « Il a remplacé avec succès les opérations compliquées du calcul par les notions les plus simples des figures. »

C'est l'art même de la géométrie naturelle, comme principe de découverte et d'enseignement.

Écoutons, pour le comprendre, ce que Charles Dupin écrivait sur un enseignement inspiré par ces principes dans son *Essai historique sur les travaux scientifiques et les services de Gaspard Monge* (1819) : « Monge ne se contentait pas d'expliquer aux élèves, dans ses leçons périodiques et dans les salles d'études, les théories de la science et leurs applications. Il aimait à conduire ses disciples partout où les phénomènes de la nature et les travaux de l'art pouvaient rendre sensi-



Gaspard Monge (1746-1818).
Dupin disait de lui : « *Monge ne se contentait pas d'expliquer aux élèves, dans ses leçons périodiques et dans les salles d'études, les théories de la science et leurs applications. Il aimait à conduire ses disciples partout où les phénomènes de la nature et les travaux de l'art pouvaient rendre sensibles et intéressantes ces applications.* »

bles et intéressantes ces applications. [...] Il est arrivé parfois que, pour gagner plus tôt quelqu'usine sans aller chercher des routes et des ponts, Monge continuant ses explications à ses élèves, s'avancit à travers un large ruisseau, le passait à gué sans s'interrompre, sans que les jeunes gens qui l'entouraient cessassent de se presser autour de lui, en silence, et tout absorbés par les vérités qu'il dévoilait à leur intelligence : tant était grande et magique la puissance qu'il exerçait sur leurs esprits ! »

Terminons en disant que « méditer la vie des hommes illustres » peut être un exercice vain et pompeux si l'on y procède comme à l'examen d'icônes, de froides statues romaines situées hors de portée de notre sentiment. Toutefois, c'est dans toute République une nécessité absolue, une nécessité pour former des caractères républicains, que de s'identifier de l'intérieur à la vie de grands combattants, de s'imaginer les conflits auxquels ils ont eu à faire face et la manière dont ils les ont résolus. Il n'est pas de meilleure manière de mesurer ce qui est exigé de nous aujourd'hui face aux défis de notre propre temps. Tout particulièrement, mesurer comment les grands hommes se reproduisent, reproduisent leur capacité créatrice par leur enseignement, est le point fondamental lorsque l'histoire devient tumultueuse, et qu'il faut se

battre pour assurer l'avenir.

Nous sommes à l'un de ces points « tumultueux » de l'histoire, et c'est pourquoi nous avons tant tenu à faire revivre aujourd'hui l'exemple de Jean-Victor Poncelet. Comme lui, faisons en sorte – c'est l'esprit même d'un grand enseignement – que « tout progrès que nous avons atteint soit une excitation à poursuivre un progrès nouveau ». Et ne croyons jamais avoir assez fait pour nos semblables, et pour notre patrie.

Quels qu'aient pu être ses devoirs de soldat ou ses souffrances de prisonnier en proie aux privations, rien n'a pu faire dévier sa pensée de la recherche de la vérité.

C'est cette recherche, cette quête de la vérité contre tous préjugés et tous systèmes, et l'enseignement constant de la manière de s'en approcher toujours un peu plus, qui me paraît l'héritage le plus précieux, aujourd'hui indispensable, de Jean-Victor Poncelet. ■

Références

1. Henri Tribout, *Un grand savant, le général Jean-Victor Poncelet*, Paris, 1936.
2. *Notice biographique sur le général Poncelet* par le général Didion, Metz, 1869.