

Philippe Boisseau

LA CONCEPTION MÉCANIQUE

Méthodologie et optimisation

2^e édition

DUNOD

Photographie de couverture :
© Grazia Neri, 123RF

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements

d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour

les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.

Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).



© Dunod, Paris, 2011, 2016

11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff

www.dunod.com

ISBN 978-2-10-075479-3

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	IX
--------------	----

A

Méthodologie de conception

1 • Conception d'un produit	3
1.1 Définition	3
1.2 Le bureau d'études dans l'entreprise	4
1.3 Les principaux acteurs du bureau d'études	4
1.4 Le travail du projeteur	5
1.5 Exemples d'application	6
2 • Les trois étapes de la conception d'un produit	9
2.1 Les trois étapes de la conception	11
2.2 L'environnement	14
2.3 Exemples d'application	22
3 • La constitution des trois étapes de la conception d'un produit	25
3.1 L'analyse du besoin client	25
3.2 L'étude de faisabilité	32
3.3 L'avant-projet	47
3.4 Dossier justificatif de conception préliminaire	60
3.5 Dossier de tests et d'essais	60
3.6 Synthèse chronologique	61
3.7 Dossier de reprise	61
Conclusion	63

B

Outils techniques

4 • Mathématiques appliquées à la mécanique	67
4.1 Rappels d'arithmétique	68
4.2 Simplification de formules	68
4.3 Homogénéité et cohérence de formules	69
4.4 Proportions	71
4.5 Exploitation de courbes	72
4.6 Vecteurs	73
5 • Calculs statiques	77
5.1 Modélisation du mécanisme	78
5.2 Les méthodes de résolution	78
5.3 Rappels théoriques	79
5.4 Calculs dans l'espace	97
5.5 Applications	98
5.6 Conclusion	139
6 • La résistance des matériaux	141
6.1 Pièce soumise à la traction	142
6.2 Pièce soumise à la compression	143
6.3 Pièce soumise au cisaillement	144
6.4 Pièce soumise à la torsion	147
6.5 Pièce soumise à la flexion	149
6.6 Calculs divers de dimensionnement	160
6.7 Conclusion	169
6.8 Exemple de synthèse	169
7 • L'hyperstatisme des mécanismes	183
7.1 Problématique de l'hyperstatisme	183
7.2 Approche théorique	187
7.3 De la théorie à la pratique	199
7.4 La modélisation mathématique	208
7.5 Méthodologie de conception	212
7.6 Concrétisation du dossier de définition	214
7.7 Exemples industriels	218
7.8 Conclusion	228

8 • Méthodologie de conception de systèmes mécaniques en CAO	229
8.1 Méthodologie de conception en 3D	229
8.2 Mise en plan	232
8.3 Exemple synthétique	233
8.4 Importance du choix de la première fonction technologique d'une pièce	239
8.5 La création de liens entre pièces conçues dans l'assemblage	246
8.6 Autre utilisation de l'esquisse d'assemblage	247
8.7 Conclusion	252

C

Outils méthodologiques

9 • Le cahier des charges fonctionnel	255
9.1 Les fonctions de service	255
9.2 Le cahier des charges fonctionnel	258
9.3 Exemples de fonctions principales	258
9.4 Conclusion	261
10 • Le FAST de créativité	263
10.1 Syntaxe	263
10.2 Gestion du FAST	265
10.3 Recherche de solutions technologiques	269
10.4 Conclusion	269
11 • L'AMDEC de conception	273
11.1 Analyse qualitative par l'AMDEC	273
11.2 Analyse quantitative par l'AMDEC	274
11.3 AMDEC de conception type	278
11.4 Exemple d'application	278
11.5 Conclusion	285
12 • Création d'un planning prévisionnel de Gantt	289
12.1 Éléments nécessaires à la constitution d'un planning	289
12.2 Estimation de la durée des tâches	290
12.3 Création et gestion du planning	291
12.4 Conclusion	292
13 • Le coût d'un produit	293

14 • Introduction à l'éco-conception	297
14.1 Objet	297
14.2 Démarche globale	297
14.3 Proposition de méthodologie appliquée	298
14.4 Fonction contrainte ajoutée au CdCF	300
14.5 Impact sur l'étude de faisabilité	301
14.6 Conclusion	306

D

Études de cas

Présentation des études de cas	309
Système de levage sur groupe propulseur	309
Banc d'essais	310
15 • Groupe propulseur	313
16 • Banc d'essais	365
Index alphabétique	411

Cet ouvrage, de forme atypique, est composé de 4 parties distinctes :

La partie A traite de la méthodologie de conception. Elle est structurée sous forme d'analyse descendante à 3 niveaux correspondant aux 3 premiers chapitres et a pour objectif de guider le projeteur dans son activité de conception. Le premier chapitre a pour fonction de définir globalement ce qu'est l'environnement de la conception ; planter le décor en quelque sorte. Le deuxième chapitre va préciser ce qu'il faut faire et avec qui pour mener à bien une activité de conception. Enfin le troisième chapitre explique comment et à quel moment doivent se réaliser toutes les tâches de responsabilité du projeteur.

Les parties B et C traitent des apports théoriques, sur les plans technique et méthodologique, nécessaires à acquérir pour mener à bien une activité de conception selon la méthodologie définie précédemment. À ce titre, la partie A renvoie aux différents thèmes pertinents des parties B et C pour former le projeteur aux différentes techniques qui lui sont éventuellement inconnues.

La partie D est consacrée aux études de cas sous forme de dossier de définition de deux exemples concrets :

- conception d'un système de relevage d'une roue motrice sur groupe moto-propulseur ;
- conception d'un banc d'essais mécanique relatif au comportement d'un aimant situé dans un champ magnétique.

La conception du système de relevage concerne une insatisfaction des techniciens de maintenance sur un dispositif existant. Le responsable du service maintenance a convenu avec le responsable du bureau d'études d'un cahier des charges visant à améliorer le dispositif.

La conception du banc d'essais est une réponse à un appel d'offres. Il faut être capable de décider rapidement si l'entreprise se positionne ou non sur cette demande client. Tout ce travail se fait à fonds perdus si le marché n'est pas remporté par l'entreprise.

Ces exemples servent de fil rouge pour illustrer les différents concepts abordés dans la partie A.

Ainsi, ces 4 parties sont indépendantes dans leur contenu mais la partie A, qui peut être nommée partie « maître », s'appuie tout du long sur les parties B et C pour les apports théoriques et sur la partie D pour illustrer concrètement la méthodologie de conception d'un produit.

Enfin, des supports informatiques sont disponibles pour l'utilisation de certains outils définis en partie B et C.

A

Méthodologie de conception

1 • CONCEPTION D'UN PRODUIT

A

MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION

Ce chapitre a pour objectif de définir globalement en quoi consiste une activité de conception, dans quel environnement ce travail se fait ou peut se faire, avec quels moyens et sous quelles contraintes. Il est précisé que certaines phases délicates relèvent de la compétence de personnes à la fois expérimentées et dotées d'un esprit d'analyse et de synthèse développé alors que d'autres phases requièrent des compétences techniques destinées à finaliser concrètement la conception. La CAO, qui attire souvent les jeunes vers cette activité professionnelle, est repositionnée à sa juste place.

1.1 Définition

Activité se déroulant au sein d'un bureau d'études, la conception d'un produit a pour but de réaliser un dossier de définition qui définit complètement et sans ambiguïté le produit à partir de l'expression d'un besoin exprimé par un client (la demande client). On se rend compte immédiatement que le domaine est vaste puisqu'il dépend de l'activité dans laquelle on travaille (mécanique, hydraulique, électronique...), du domaine d'application (agro-alimentaire, aéronautique, navale...) et du projet proprement dit (machine spéciale, banc d'essais, outillage...). On ne s'intéresse ici qu'à la conception des systèmes mécaniques mais nombre de principes abordés sont applicables à d'autres domaines.

Une telle activité nécessite à la fois des connaissances techniques et des qualités personnelles inhérentes à tout travail de création. Donc une activité à deux dimensions qu'il faut être capable de gérer afin de concevoir le produit optimum dans le délai imparti de l'étude.

Bien qu'il soit courant d'entendre, notamment de la part de certains professionnels, que l'expérience est essentiellement et avant tout à la base de sa pratique, la conception d'un produit, surtout s'il veut être innovant, s'appuie sur d'autres concepts et façons de faire qui donnent, au projeteur, l'état d'esprit indispensable pour mener à bien cette tâche. Concevoir un produit, c'est faire évoluer une demande client plus ou moins bien formulée vers un dossier de définition en suivant une structure bien définie. Cette structure guide efficacement le projeteur en lui laissant la plus grande liberté possible compatible avec l'avancement de son projet. C'est là qu'on retrouve le lien entre créativité et expérience technique : doit-on à chaque fois partir sur une conception nouvelle au risque de réinventer le fil à couper le beurre ou

reconduire systématiquement des solutions qui ont plus ou moins bien fonctionné pour des projets antérieurs et ne pas développer un projet optimum ? C'est tout l'enjeu de la conception.

1.2 Le bureau d'études dans l'entreprise

C'est le lieu où l'on conçoit ; et s'il existe un service méconnu ou incompris dans une entreprise, c'est bien le bureau d'études. Autant le dire clairement, on ne peut pas parler de bureau d'études si on n'y a pas soi-même travaillé. Derrière l'image de personnes assises toute la journée devant un ordinateur à manipuler une souris se cache des activités à fortes contraintes et fortes responsabilités dans des délais de plus en plus courts. En effet, certains responsables d'entreprise ont décrété que le bureau d'études n'est pas un service productif, qu'il faut donc réduire au maximum les délais d'études ; l'idéal étant de supprimer les bureaux d'études ! C'est pourtant là que tout se décide en termes de performance, délai et, bien sûr, de coût du produit livré chez le client.

Un bureau d'études peut être une entité à lui seul ou bien l'un des services d'une entreprise. Sa taille peut varier d'une à une centaine de personnes. Les bureaux d'études ont des façons de fonctionner différentes voire divergentes à cause des habitudes, de l'historique, de la structure ou bien du type de produit conçu par l'entreprise. Intégrer un bureau d'études nécessite donc des connaissances techniques et une grande qualité d'adaptation. Il n'en reste pas moins qu'ils ont tous le même but : la conception d'un produit. Il faut définir le dénominateur commun à toutes ces structures de façon à proposer une méthodologie de travail qui puisse être applicable à tous.

1.3 Les principaux acteurs du bureau d'études

En se limitant aux intervenants directs sur la conception d'un produit, il y a lieu de définir trois personnages qui ont un rôle bien précis à jouer dans tous les cas. Ils existent ou pas physiquement ; peu importe. Le travail de chacun doit être réalisé et parfois il l'est par une seule personne.

L'ingénieur d'études : In fine, c'est lui le responsable de l'étude qu'il confie au projeteur. Il rend compte à la hiérarchie et présente l'étude au client. Il s'assure que tout le côté contractuel est bien respecté. Il a, évidemment, plusieurs études en cours, à des états d'avancement différents, avec plusieurs projeteurs et passe une grande partie de son temps en réunion ou en déplacement.

Le dessinateur d'études : C'est lui qui finalise le dossier de définition à partir de l'avant-projet en suivant les directives du projeteur. La réalisation des dessins d'ensemble, de définition et des différentes notices font partie de ses activités.

Le projeteur : C'est à lui que cet ouvrage est dédié. Il assiste l'ingénieur pour tout ce qui est technique. À ce titre, il est responsable de la conception du produit, rend compte à l'ingénieur et encadre techniquement le dessinateur. Selon le cas, il peut être en contact direct avec le client, avec les fournisseurs et les autres services de

l'entreprise. Il remonte à l'ingénieur les problèmes rencontrés avec des propositions de solutions. Il mène les revues de conception et en fait la synthèse sous forme de compte rendu.

Comme on le voit, le rôle d'un projeteur est loin d'être celui d'un opérateur en CAO. Il est la clé de voûte du bureau d'études et, par cela même, du projet. Il est indispensable que l'ingénieur d'études ait toute confiance en lui et puisse s'appuyer sur lui.

Cet ouvrage ne traite que de la partie qui relève de la responsabilité d'un projeteur.

A

MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION

1.4 Le travail du projeteur

Le projeteur conçoit donc un produit. Il faut définir l'environnement de cette activité et en quoi elle consiste, quel que soit le bureau d'études.

1.4.1 L'environnement

Le projeteur part d'un document fourni par son ingénieur d'études, document qui émane d'un client qui a exprimé un besoin : la demande client. Il doit fournir à l'issue de cette étude, avec l'aide d'un dessinateur d'études, un dossier de définition qui permet d'industrialiser le produit. Ce dossier de définition se limite, pour le projeteur, à l'établissement de tous les documents définissant l'avant-projet. Le reste étant réalisé, sous sa responsabilité, par le dessinateur d'études. Tout au long de l'étude, son travail est régulé par l'ingénieur et le client. Pour mener à bien cette activité de conception, le projeteur va s'appuyer sur différentes ressources. L'assurance qualité en conception, le calcul graphique et la Conception Assistée par Ordinateur sont celles étudiées dans cet ouvrage et forment les sommets d'un triangle nommé «triangle de la conception ». On peut représenter cet environnement suivant la figure 1.1.

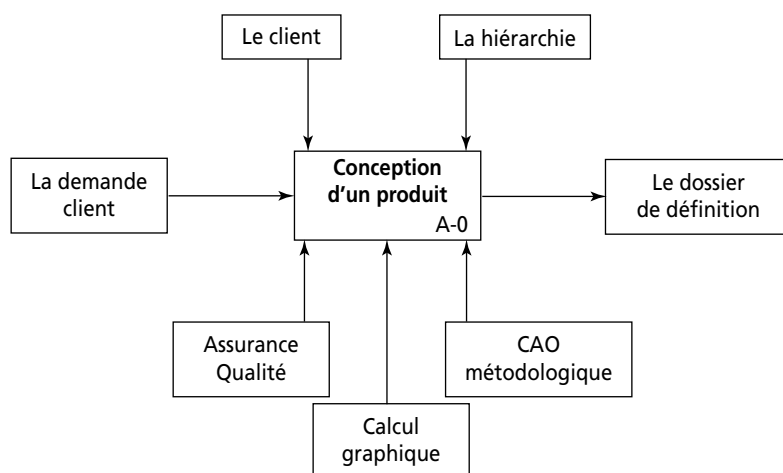


Figure 1.1 – Diagramme A-0

1.4.2 Les grandes étapes de la conception

Pour mener à bien son étude, le projeteur, quel que soit le produit à concevoir et l'environnement dans lequel il se trouve, doit passer par trois grandes étapes :

- L'analyse du besoin client : Systématiquement, le besoin exprimé par le client est toujours incomplet, ambigu voire non exprimé. C'est le rôle du projeteur de clarifier avec le client son juste besoin.
- L'étude de faisabilité : C'est le cœur de la conception et la partie la plus délicate étant donné que les projets ne se ressemblent pas et que cette activité relève à la fois des connaissances techniques du projeteur mais aussi de ses qualités créatives. La difficulté essentielle est qu'il est impossible de prévoir qu'on aura les bonnes idées au moment où on en aura besoin.
- La concrétisation de l'avant-projet : C'est à partir de ces documents que l'étude détaillée du produit peut être engagée. Il est constitué des dessins d'avant-projet et de tous les justificatifs définissant la solution choisie.

Le chapitre suivant entre dans les détails techniques de l'environnement et des trois étapes de la conception d'un produit.

1.5 Exemples d'application

1.5.1 Conception d'un système de relevage d'une roue motrice sur groupe motopropulseur

Le dossier de définition du groupe motopropulseur correspond à la partie qui doit être réalisée par le projeteur et aboutit au dessin d'avant-projet du mécanisme conçu avec tous les justificatifs associés.

- L'analyse du besoin client est concrétisée en dossier 20 par le CDCF (Cahier Des Charges Fonctionnel) signé par le client.
- L'étude de faisabilité en dossier 30 est décomposée en quatre sous-dossiers correspondant aux différentes recherches de solutions et leur gestion.
- Le dossier d'avant-projet 40 est décomposé en deux sous-dossiers : le 41 où est choisie et analysée la solution et le 42 où elle est concrétisée sous forme de dessins. Les justificatifs de ce choix sont consignés dans les dossiers 50 et 60.

Le dossier 90 définit les tâches à réaliser par un dessinateur de l'entreprise ou un sous-traitant si la tâche du projeteur s'arrête à l'avant-projet.

1.5.2 Conception d'un banc d'essais mécanique relatif au comportement d'un aimant situé dans un champ magnétique

S'agissant d'une réponse à un appel d'offres, donc d'un travail qui peut se révéler se faire à fonds perdus si l'appel d'offres n'est pas remporté, on serait tenté de croire que mettre en place une démarche en assurance qualité est aberrante. Au contraire, l'assurance qualité va permettre de :

- gagner du temps (les points importants et incontournables sont déjà listés) ;
- répondre au mieux au besoin du client (CDCF, Recherche de solutions) ;

- assurer une traçabilité pour les affaires à venir (Constitution en temps réel du dossier de définition) ;
- se garantir du succès de l'affaire si le projet est retenu par le client (dossier 40, AMDEC de conception) ;
- optimiser en matière de coût (Dossier 40).

La partie CAO est réalisée de façon très sommaire pour indiquer au client le principe retenu sans lui fournir les détails qui pourraient lui permettre de se passer de l'étude et de réaliser lui-même le banc. En revanche, ce modèle sera réutilisé et complété si l'affaire est remportée.

Le dossier 90 peut définir les tâches à réaliser en étude.

2 • LES TROIS ÉTAPES DE LA CONCEPTION D'UN PRODUIT

A

MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION

L'objectif de ce chapitre est de :

- Présenter le contenu de la tâche « conception d'un produit » défini au chapitre précédent, c'est-à-dire présenter les trois étapes par lesquelles il faut obligatoirement passer pour concevoir un produit.
- Définir les liens entre les trois étapes et l'environnement défini au chapitre précédent.

Pour ce faire, il faut passer du diagramme A-0 du chapitre précédent au diagramme A0 qui fait apparaître les trois étapes de la conception et leurs liens avec l'environnement :

On définit ainsi les trois étapes de la conception :

- l'analyse du besoin du client ;
- la recherche d'une solution optimale ;
- la concrétisation de la solution choisie.

Le diagramme A0 permet également de définir les liens unissant les trois étapes entre elles, à savoir :

- CDCF validé pour la liaison entre Analyse du besoin client et Étude de faisabilité ;
- rapport de faisabilité pour la liaison entre Étude de faisabilité et Avant-Projet.

Le CDCF (Cahier Des Charges Fonctionnel) est un document qui se substitue au cahier des charges initial et qui est initié par le projeteur puis complété et validé par le client. Il est le résultat concret de l'analyse du besoin client.

Les autres entités entrantes dans le rectangle des tâches sont identiques à celles définies au chapitre précédent. Néanmoins, ces entités sont reprises dans ce chapitre afin d'en définir leur nature et leur rôle.

Rappel important

La façon de réaliser les tâches de ces trois étapes est expliquée au chapitre suivant.

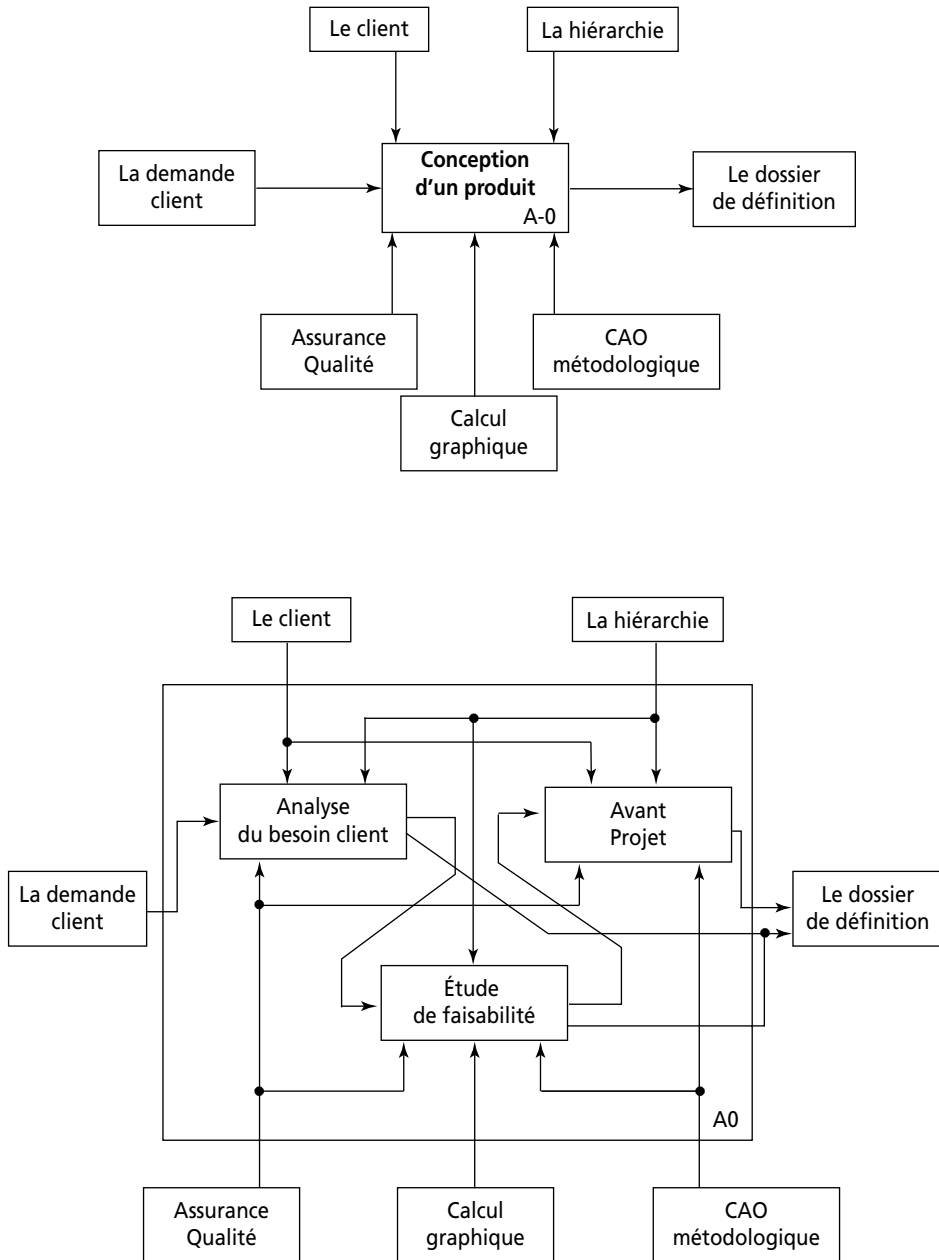


Figure 2.1 – Évolution du diagramme A-0 vers le diagramme A0

2.1 Les trois étapes de la conception

2.1.1 L'analyse du besoin client

À partir d'une demande client incomplète et mal définie, il est nécessaire d'initialiser un Cahier des Charges Fonctionnel (CDCF) qui définit le produit en termes de besoin (c'est fait pour) et en aucun cas en termes de moyen (c'est fait de). Ce document est complété par le client qui fournit ainsi toutes les précisions manquantes pour mener à bien la conception. Il valide la bonne compréhension du besoin par le concepteur. Pour être contractuel, le CDCF doit être signé par le client.

Un CDCF est relativement facile à rédiger et ne doit pas prendre plus d'une demi-journée de travail au projeteur. Le plus délicat est la perception qu'en fait le client selon s'il est habitué ou non à ce type de pratique. Quoiqu'il en soit, ce document est indispensable pour une bonne compréhension du besoin et doit être établi avant tout démarrage de recherche de solutions. Il faut que le projeteur se force à ne pas réfléchir à la façon dont il va concevoir le produit mais à se concentrer sur ce que doit faire le produit. En cas de refus de la part du client de valider officiellement ce document, c'est la hiérarchie qui statue sur le sujet.

Un planning d'étude, compatible avec le temps alloué et comportant une marge pour aléas, est alors créé. Il est primordial de renseigner le réalisé du planning quotidiennement en fin de journée et d'analyser régulièrement les écarts éventuels avec le prévisionnel.

2.1.2 L'étude de faisabilité

La recherche de solutions peut alors commencer en prenant soin de ne pas aller trop vite pour éviter de passer à côté de solutions intéressantes, ni de se « précipiter » vers des conceptions déjà réalisées qui pourraient s'adapter au besoin. Il faut auparavant faire une recherche de solutions théoriques en s'affranchissant consciemment de toutes solutions « évidentes », existantes ou qui nous passeraient par la tête. C'est seulement après cette phase de réflexion qu'on doit avoir une approche plus classique basée sur l'analyse de l'existant. Le tout, évidemment, en conformité avec le planning.

L'étude de faisabilité est la phase la plus délicate de la conception. On entre dans le vif du sujet de la créativité avec les contraintes de délai et l'impossibilité de planifier qu'on doit avoir la bonne idée tel jour entre telle heure et telle heure. Ce sera plutôt en pleine nuit, à 3 heures du matin ou au cours d'une soirée entre amis un samedi soir. C'est là que se situe la spécificité du métier de concepteur. Il est intéressant de s'y attarder :

- **Enjeu** : l'étude de faisabilité est la base de la réussite d'un projet en termes de coût, de délai de réalisation et de performance. Tout repose sur le bureau d'études et sur le concepteur en particulier.
- **Objectif** : Le projeteur doit être capable, dans un temps imparti qui a tendance, à tort, à se réduire, de trouver un maximum de solutions pour satisfaire la demande du client et de les gérer afin de s'assurer de choisir, in fine, la solution optimale, notamment en termes de coût.

– Difficultés :

- Une activité de création est difficilement planifiable en ce sens qu'elle dépend de l'état d'esprit du concepteur.
- Les projets peuvent être très différents les uns des autres. La problématique est de savoir comment aborder un projet. S'il n'existe pas de recettes, il n'en demeure pas moins qu'il y a lieu de suivre une méthodologie et d'avoir certains réflexes.
- Il faut être capable d'avoir tout d'abord une approche systémique avant d'avoir une approche analytique.
- Pour ne pas confondre vitesse et précipitation, il y a lieu, dans un premier temps, de ne pas penser à des solutions types ou « évidentes » qui passent par la tête. Un des défauts du technicien est de vouloir connaître le résultat avant même de savoir parfaitement ce qu'on lui demande.

À partir du moment où le besoin client est bien compris, le concepteur doit mettre en place une méthodologie lui permettant de développer, en un temps compatible avec le délai du projet, un ensemble de solutions. Le nombre et l'homogénéité de développement de ces solutions doivent permettre de s'assurer d'une certaine exhaustivité dans cette recherche. Autrement dit, à l'issue de ce travail, on est à peu près sûr d'avoir envisagé tous les cas possibles et donc de proposer une solution optimale. Ne pas permettre au projeteur de réaliser ce travail en toute sérénité est contre-productif et se paie très cher par la suite. Une modification à ce stade de l'étude est transparente en termes de coût et de délai par rapport à une modification qui a lieu quand on est en phase de fabrication.

La synthèse de cette étude de faisabilité doit être rédigée et argumentée au moment même où l'étude se fait. Si le concepteur n'est pas capable d'écrire ce qu'il fait **sur le moment**, en un temps raisonnable, c'est qu'il **ne maîtrise pas** sa conception. Ainsi, en plus d'assurer la traçabilité de ce qui a été fait, sa capacité à rédiger permet de vérifier qu'il maîtrise bien son sujet.

2.1.3 L'avant-projet

À partir de l'étude de faisabilité, il y a lieu de choisir la solution définitive, si plusieurs sont possibles, et de la concrétiser sous forme de dessin d'avant-projet avec tous les documents justificatifs incluant les éventuels tests ou essais de validations. C'est au cours de cette phase que vont être créés tous les documents définissant et justifiant l'avant-projet et qui vont servir de base pour l'étude détaillée. Ici s'arrête normalement le travail du concepteur en tant que tel. Il doit néanmoins piloter le reste de l'étude, que ce soit à l'intérieur de l'entreprise en encadrant techniquement un dessinateur d'études ou bien en pilotant une sous-traitance externe. Dans tous les cas, il est amené à vérifier les travaux d'études réalisés ; ce qui implique un transfert de responsabilité.

Toutes les études et les travaux à réaliser sont consignés dans le dossier de reprise. Le dossier d'avant-projet est la spécification technique du produit étudié à partir de la demande client. À ce stade, le produit n'est pas défini intégralement mais sa définition est suffisamment précise pour s'assurer que les études, à réaliser ensuite

par un dessinateur, ne poseront pas de problèmes particuliers. Pour ce faire, il faut fournir les documents suivants :

- un dessin d'avant-projet : c'est un dessin qui définit le produit en termes de solutions technologiques, à un niveau détaillé compatible avec la complexité de la fonction à réaliser. C'est ce qui caractérise l'homogénéité de l'étude. Chaque fonction est étudiée à un niveau de détail permettant de s'assurer qu'aucun problème particulier ne devrait intervenir dans la suite de l'étude. On peut donc très bien avoir une partie du concept de la machine étudiée totalement définie et une autre sous forme d'idée générale ;
- la spécification technique du produit : c'est un document qui explique en détail de quoi est composé le système conçu ;
- une étude de risques techniques (sous forme d'AMDEC de conception) ;
- une pré-notice de montage visant à vérifier la montabilité du système ;
- une spécification des essais d'intégration ;
- les spécifications de développement des ensembles et sous-ensembles ;
- une évaluation du coût du produit ;
- les spécifications des produits manufacturés ;
- une recherche et évaluation de fournisseurs.

Ces documents doivent être suffisamment complets et précis pour qu'un dessinateur d'études n'ayant pas participé à la conception du produit soit capable d'en assurer sa définition.

Le dossier d'avant-projet est constitué du dossier 40 ; les dossiers 50 et 60 étant les justificatifs de l'avant-projet. En aucun cas, la phase étude détaillée est engagée tant que ces dossiers ne sont pas validés.

Il y a lieu de vérifier la présence des documents suivants.

Le dossier 40 :

- un document synthèse de l'étude de faisabilité et choix de la solution définitive avec justificatifs ;
- réalisation d'un croquis définissant de façon suffisamment précise les intentions de conception pour :
 - être concrétisé en CAO,
 - écrire une pré-notice de montage,
 - réaliser une AMDEC de conception.

Ces documents se trouvent dans le sous-dossier 41.

Les dessins d'avant-projets se trouvent dans le sous-dossier 42. Ces dessins ne précisent pas forcément en détail toute la conception du système mais définissent sans ambiguïté les choix techniques issus de l'étude de faisabilité. On peut, par exemple, définir que la liaison arbre carter se fait par roulements et non par paliers hydrodynamiques ou hydrostatiques ; les dimensions et nature des roulements ne sont pas forcément définies si le projeteur établit que l'étude ne pose pas de soucis pour le dessinateur.