

PCSI/MPSI

LES SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR par l'exemple

- ◆ Résumé de cours
- ◆ Travaux dirigés
- ◆ Fiches méthode
- ◆ Exercices d'application

Vincent **Rafik**



PCSI/MPSI

LES SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR par l'exemple

Vincent **Rafik**

Professeur de Sciences Industrielles de l'Ingénieur (Lycée Brizeux, Quimper)



ISBN 9782340-117549

Dépôt légal : août 2026

©Ellipses Édition Marketing S.A.
8/10 rue la Quintinie 75015 Paris



Le Code de la propriété intellectuelle et artistique n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article L. 122-5, 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 » (alinéa 1^{er} de l'article 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.

www.editions-ellipses.fr

Avant-propos

Cet ouvrage a été conçu comme un compagnon de travail pour les étudiants de PCSI et MPSI, et plus largement pour tous ceux et celles qui souhaitent aborder les Sciences Industrielles de l'Ingénieur de manière progressive, rigoureuse et ancrée dans la pratique des concours.

Plutôt qu'un cours développé de manière linéaire, ce livre adopte une approche différente en s'appuyant sur des exercices d'application soigneusement choisis, pour en décrypter le raisonnement et construire les notions essentielles du programme. Chaque exercice devient ainsi un support de réflexion, un point d'entrée vers les concepts fondamentaux, un moyen d'acquérir des automatismes et de structurer son raisonnement.

Afin d'accompagner cette démarche, un résumé de cours précède chaque série d'exercices. Il permet d'introduire ou de rappeler de manière concise les notions principales, sans prétendre à l'exhaustivité. L'objectif est de donner les repères nécessaires pour aborder efficacement les problèmes, sans les enfermer dans une approche purement théorique. Les travaux dirigés proposés sont inspirés de sujets de concours ou d'évaluations en classes préparatoires. Leur diversité permet de couvrir l'ensemble du programme de PCSI et MPSI, tout en sensibilisant à la richesse et à la variété des systèmes étudiés. Il est vivement recommandé de prendre connaissance des énoncés originaux dont ces extraits sont tirés, afin d'en cerner pleinement le contexte et les attendus. Enfin, des fiches méthodes viennent clôturer les principaux chapitres. Elles synthétisent les démarches à maîtriser, les erreurs classiques à éviter, ainsi que les compétences fondamentales exigées dans le cadre du programme et les attendus aux concours. Ce livre ne se veut pas encyclopédique. Il propose un cheminement raisonné, centré sur la compréhension, l'analyse et l'entraînement. J'espère qu'il contribuera à donner du sens aux notions étudiées.

Je souhaite également remercier les auteurs et contributrices des nombreux packages LaTeX ayant facilité la réalisation de cet ouvrage, en particulier pour la production des figures et des schémas, dont la qualité doit beaucoup à leur travail.

Mes remerciements vont aussi à Lucie pour ses relectures attentives, ses remarques précieuses et son soutien constant tout au long de la rédaction. Enfin, une pensée pour Mathilde, arrivée au moment où ce projet prenait forme, et qui a su rappeler, avec une efficacité remarquable, qu'aucun raisonnement, aussi rigoureux soit-il, ne gagne à être mené sans quelques interruptions bienvenues.

Table des matières

CHAPITRE 1	Décrire un système.....	9
I.	Les systèmes	13
II.	Outils de modélisation	13
A.	La description fonctionnelle d'un système	14
B.	La description structurelle d'un système.....	17
C.	La description comportementale d'un système.....	18
CHAPITRE 2	Présenter la structure d'un système	27
I.	Les différents flux d'énergies	31
II.	Les chaînes fonctionnelles.....	31
A.	Description.....	31
B.	La chaîne d'information.....	32
C.	La chaîne de puissance	32
CHAPITRE 3	Définir les systèmes séquentiels	39
I.	Système séquentiel	43
II.	Le chronogramme.....	43
CHAPITRE 4	Introduction à la cinématique.....	45
I.	Décrire une cinématique.....	49
A.	Définir les mouvements élémentaires	49
B.	Modéliser un système	50
II.	Mener un calcul.....	51
A.	Paramétrer un point	51
B.	Exprimer une position vectorielle	52
C.	Positionner et orienter deux repères	53
CHAPITRE 5	Calculer la vitesse d'un point de l'espace	57
I.	Notions élémentaires de cinématique.....	61
A.	Notion de référentiel : l'espace-temps	61
B.	Vitesse et accélération d'un point.....	61
II.	Calculer la dérivée d'un vecteur.....	62
A.	Vecteur position fixe dans $\mathcal{R}_0$	62
B.	Vecteur position mobile dans $\mathcal{R}_0$	62

CHAPITRE 6	Calculer la vitesse d'un point d'un solide	77
I.	Paramétrage d'un solide indéformable.....	81
II.	Mouvement d'un solide.....	81
III.	Composition de mouvements.....	83
CHAPITRE 7	Modéliser les contacts et les liaisons	99
I.	Liaisons entre solides	103
II.	Association cinématique de liaisons	105
CHAPITRE 8	Modéliser la cinématique d'un mécanisme.....	111
I.	Étude géométrique des chaînes de solides.....	115
II.	Mécanisme cinématiquement plan	115
CHAPITRE 9	Transmettre une puissance mécanique	127
I.	Introduction	131
II.	Systèmes de transformation usuels	131
III.	Trains épicycloïdaux.....	133
	Définition	133
CHAPITRE 10	Décrire les systèmes asservis	141
I.	Description d'un système automatisé.....	145
II.	Structure d'un système asservi	146
III.	Performances d'un système asservi.....	147
	A. Stabilité et amortissement	148
	B. Rapidité.....	149
	C. Précision	149
CHAPITRE 11	Calculer une fonction de transfert	155
I.	Systèmes linéaires continus et invariants	159
II.	Les modélisations.....	159
III.	Validation des performances	161
CHAPITRE 12	Modéliser un système par un schéma-bloc	173
I.	Structure des schéma-bloc	177
II.	Schéma-bloc et fonction de transfert.....	178

CHAPITRE 13 Déterminer la réponse temporelle d'un premier ordre.....	193
I. Système du premier ordre	197
II. Réponse indicielle	197
CHAPITRE 14 Déterminer la réponse d'un second ordre.....	211
I. Système du second ordre.....	215
II. Réponse indicielle	215
A. Régime apériodique	215
B. Régime apériodique critique	216
C. Régime pseudo-périodique	217
CHAPITRE 15 Prédire une réponse fréquentielle.....	229
I. Les bases de l'analyse fréquentielle	233
II. Lieux de transfert de Bode	234
III. Tracé des diagrammes de Bode.....	235
CHAPITRE 16 Identifier un modèle de comportement	247
I. Réponse temporelle	251
II. Réponse harmonique.....	252
CHAPITRE 17 Définir les actions mécaniques.....	261
I. Modélisation des actions mécaniques	265
II. Torseurs particuliers.....	266
CHAPITRE 18 Déterminer les actions mécaniques.....	277
I. Classification	281
II. Formulation locale	281
III. Formulation globale.....	282
CHAPITRE 19 Équilibrer un système de solides	293
I. Isolement d'un système matériel	297
II. Actions mécaniques transmissibles	298
III. Principe fondamental de la statique (PFS)	300
CHAPITRE 20 Modéliser les contacts avec frottement	317
I. Définition du contact.....	321
II. Le modèle de Coulomb	322
III. Extension des lois de Coulomb	323

CHAPITRE 1

DÉCRIRE UN SYSTÈME

OBJECTIFS PÉDAGOGIQUES

Connaissances

- Analyse du cycle de vie et impact environnemental ;
- Ingénierie système et diagrammes SysML ;
- Descriptions fonctionnelle, structurelle et comportementale ;
- Critères, niveaux et flexibilités des exigences.

Compétences

- Décrire le besoin et les exigences ;
- Traduire un besoin fonctionnel en exigences ;
- Qualifier et quantifier les exigences ;
- Evaluer l'impact environnemental et sociétal.

EXERCICE D'APPLICATION

UrbanLoop est un moyen de transport dont l'innovation réside dans le déplacement autonome de passagers dans des capsules équipées de deux places assises. La consommation visée doit être inférieure à 50 W.h par kilomètre pour une vitesse constante de 60 km.h⁻¹. Pour assurer la propulsion de la capsule, le choix s'est porté sur deux moteurs-roues positionnés sur l'essieu arrière. Ces derniers intègrent un moteur électrique ainsi qu'une transmission mécanique et une jante équipée d'un pneu gonflable.

Question 1. Compléter le diagramme des cas d'utilisation suivant.

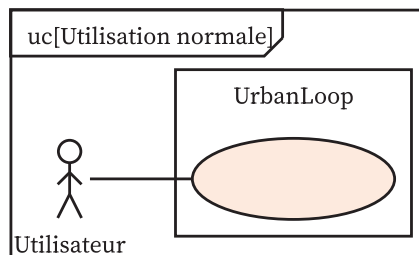


Figure 1-1 : Diagramme des cas d'utilisation à compléter

Question 2. Identifier le critère, le niveau et la flexibilité de l'exigence suivante.

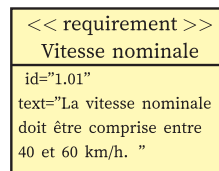


Figure 1-2 : Exigence à interpréter

Question 3. À l'aide de la description précédente, compléter le diagramme de définition de blocs suivant.

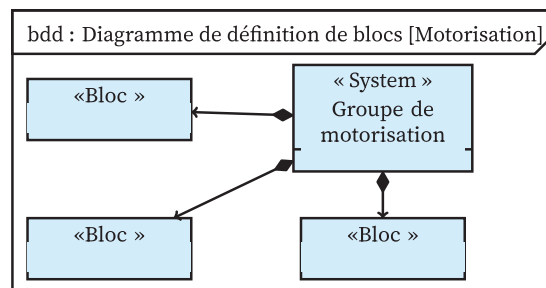


Figure 1-3 : Diagramme de définition de blocs à compléter

DÉCRYPTAGE DE L'EXERCICE D'APPLICATION

Urbanloop est un moyen de transport dont l'innovation réside dans le déplacement autonome de passagers dans des capsules équipées de deux places assises. La consommation visée doit être inférieure à 50 W.h par kilomètre pour une vitesse constante de 60 km.h⁻¹. Pour assurer la propulsion de la capsule, le choix s'est porté sur deux moteurs-roues positionnés sur l'essieu arrière. Ces derniers intègrent un moteur électrique ainsi qu'une transmission mécanique et une jante équipée d'un pneu gonflable.

Question 1. Compléter le diagramme des cas d'utilisation suivant.

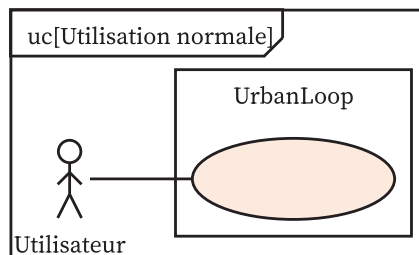


Figure 1-4 : Diagramme des cas d'utilisation à compléter.

Question 2. Identifier les critères, niveaux et flexibilité de l'exigence suivante.

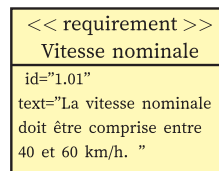


Figure 1-5 : Exigence à interpréter.

Question 3. À l'aide de la description précédente, compléter le diagramme de définition de blocs suivants.

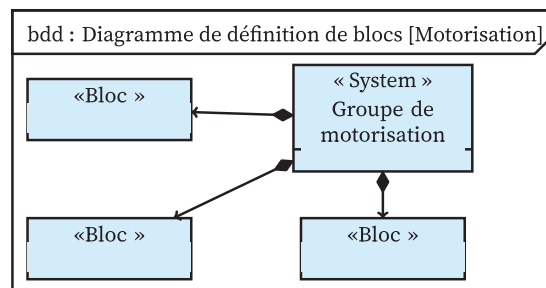


Figure 1-6 : Diagramme de définition de blocs à compléter.

DÉCRYPTAGE DE L'EXERCICE D'APPLICATION

Les systèmes étudiés en sciences de l'ingénieur doivent répondre à des **besoins** exprimés par le client. Dans le but de s'accorder sur un même **cahier des charges**, il est nécessaire d'introduire un langage commun pour le décrire.

→ Le **résumé de cours** présente le système à travers diverses descriptions : fonctionnelle, structurelle et comportementale en exploitant un unique langage : le **SysML**.

RÉSUMÉ DE COURS

Les activités de l'ingénieur sont centrées sur l'étude des systèmes, de leur conception à leur recyclage. Ce chapitre cherche à présenter les systèmes, à l'aide d'un vocabulaire et d'outils spécifiques.

I. Les systèmes

Un **système** est défini comme un arrangement d'éléments, organisés en vue de répondre à un besoin. Ce système est en relation avec une partie de l'environnement qui l'entoure, que l'on appelle **milieu extérieur**. Si ce dernier se restreint au laboratoire, pour une utilisation dans un cadre pédagogique ou de recherche, le système est qualifié de « **système d'étude** », sinon il est qualifié de « **système industriel** ». Il devra donc s'adapter à ses contraintes et pourra échanger avec lui.

Avant toute analyse, il convient d'identifier le système et de le délimiter à l'aide d'une **frontière d'étude**. Le **milieu extérieur** est alors défini par l'ensemble des éléments n'appartenant pas au système, mais échangeant avec lui. Les échanges, entre les éléments du milieu extérieur et du système, sont appelés **flux** et sont généralement classés en trois familles :

- Flux de **matière** ;
- Flux d'**énergie** ;
- Flux d'**information**.

Le **cycle de vie** décrit les différentes étapes de la vie d'un système, depuis l'identification du besoin jusqu'au recyclage de ses constituants lorsqu'il n'est plus utilisé.

L'**analyse du cycle de vie** (ACV) est un outil, une méthodologie qui permet d'identifier les enjeux environnementaux et de développer des produits. Comme évoqué précédemment, tout système échange avec son milieu extérieur des flux de matières, d'énergie et d'information. L'analyse du cycle de vie permet de réaliser un bilan des entrants et sortants d'un système, afin de les convertir en impacts environnementaux.

II. Outils de modélisation

Les consommateurs étant de plus en plus demandeurs de solutions performantes et robustes, les systèmes proposés par les industriels sont donc de plus en plus complexes.

Par conséquent, de nombreux ingénieurs doivent collaborer pour concevoir ces systèmes. Afin de faciliter ce travail collaboratif, des normes ont été proposées dans le but d'uniformiser les moyens de communication, les méthodes et les documentations.

Il existe également d'autres outils permettant de regrouper dans un modèle commun à tous les corps de métiers les spécifications et les paramètres de l'ensemble d'un système. Ceci permet d'éviter tout problème de communication qui engendrerait du retard dans l'élaboration du système. En CPGE, l'outil retenu est le **SysML (Systems Modelling Language)**. Il s'agit d'un langage de communication permettant de décrire tout ou partie d'un système, d'un point de vue fonctionnel, comportemental et structurel. Il s'articule autour de sept diagrammes répartis selon leurs 3 fonctions principales :

- Les **diagrammes fonctionnels** : diagramme de contexte, diagramme des cas d'utilisation et diagramme des exigences ;
- Les **diagrammes structurels** : diagramme de définition de blocs et diagramme de blocs internes ;
- Les **diagrammes comportementaux** : diagramme d'états et diagramme de séquences.

A. La description fonctionnelle d'un système

L'analyse fonctionnelle permet de décrire le besoin auquel répond un système et de définir les contraintes, imposées par le milieu extérieur, auxquelles il doit s'adapter. C'est une étape indispensable pour s'assurer que le système à concevoir répondra au mieux aux besoins de ses utilisateurs.

Le diagramme des cas d'utilisation

Pour concevoir un produit, il convient d'échanger avec son utilisateur afin d'en identifier son besoin dans le but de proposer un système dont les fonctions répondront à ses exigences. Cependant, il est possible que les interprétations du besoin par l'utilisateur et par le concepteur soient différentes. Il est ainsi nécessaire de formaliser à la fois le besoin décrit par le client et les fonctions que devra assurer le système afin de faire converger les intérêts de chacun.

Décrire le fonctionnement du système à concevoir pour satisfaire le besoin identifié consiste à définir les **cas d'utilisation** qu'il doit satisfaire. Il s'agit d'explicitier ce que le système doit faire et non comment il doit le faire. Un outil adapté est le **diagramme des cas d'utilisation**, dans lequel on représente la frontière du système qui contient les cas d'utilisation. Ces derniers sont chacun reliés aux acteurs associés.

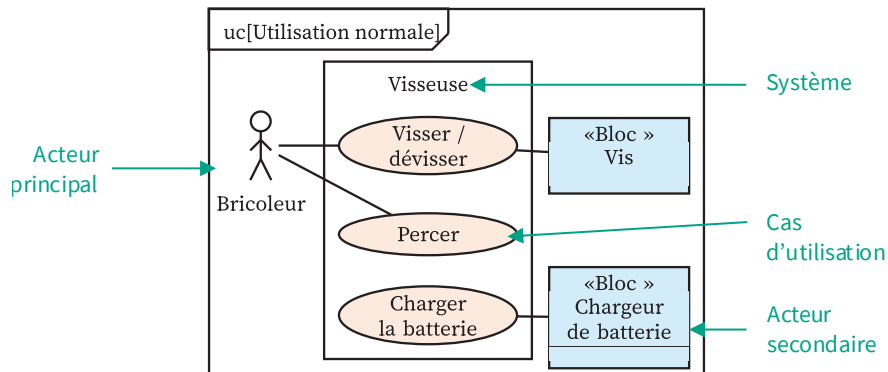


Figure 1-7 : Le diagramme des cas d'utilisation d'une visseuse

La lecture du graphe de la Figure 1-7 permet d'identifier les trois cas d'utilisation de la visseuse : visser / dévisser, percer et charger la batterie. L'acteur principal, le « bricoleur », interagit avec l'acteur secondaire, la « vis », à travers le cas d'utilisation « Visser / dévisser ».

Le diagramme de contexte

Un système est toujours en interaction avec son environnement. L'étude d'un système ne se limite donc pas à l'étude de ses composants et des interactions entre eux, mais aussi à l'étude des relations avec les éléments du milieu extérieur. Ces derniers définissent alors les limites du système. Le **diagramme de contexte** permet de définir les frontières d'étude et de préciser la phase du cycle de vie dans laquelle celle-ci se situe.

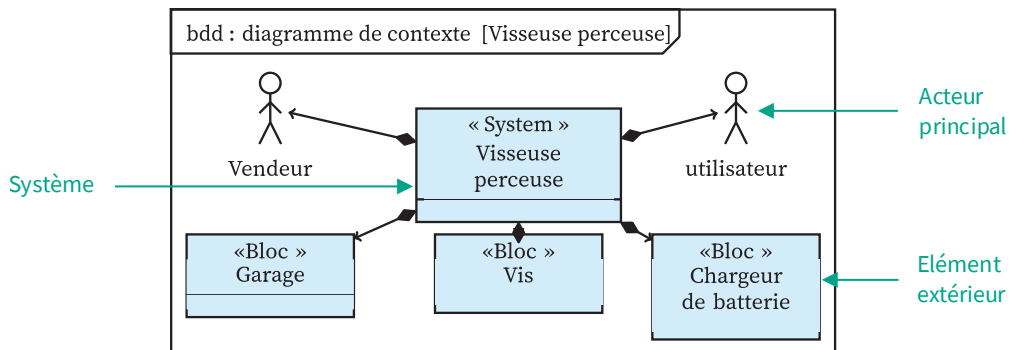


Figure 1-8 : Le diagramme de contexte d'une visseuse automatique

La lecture de la Figure 1-8 permet d'identifier cinq éléments extérieurs : le vendeur, l'utilisateur, le garage, la vis et le chargeur de batterie.

Le diagramme des exigences

D'un point de vue plus général, un système industriel est vu comme un générateur de prestations, c'est-à-dire qu'il est conçu pour satisfaire les besoins de l'utilisateur.

De nombreux systèmes ou produits permettent de répondre à un même besoin, mais n'ont pas les mêmes capacités ou contraintes. Ces dernières seront par la suite appelées **exigences**. Ces exigences sont ensuite traduites par les ingénieurs en définissant des niveaux de performance, des conditions de fiabilité, de traçabilité... Les exigences servent donc à établir le contrat entre le client et les concepteurs du système.

Le **diagramme des exigences** spécifie, hiérarchise et documente l'ensemble des exigences qui doivent être satisfaites par le système.

Une exigence est caractérisée par un **critère** (grandeur physique mesurable), un **niveau** (valeur chiffrée) et une **flexibilité** (l'écart acceptable sur le niveau attendu).

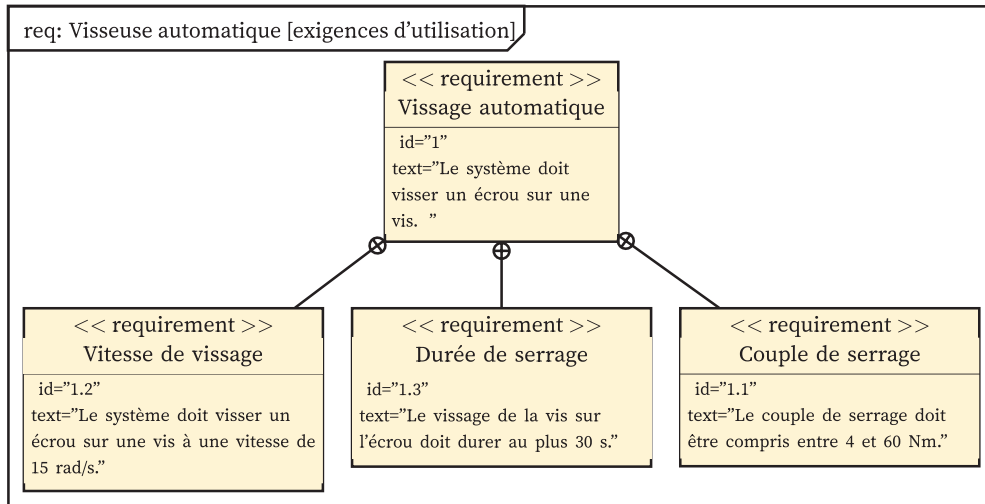


Figure 1-9 : Le diagramme des exigences d'une visseuse automatique

D'après la Figure 1-9, l'exigence principale « Vissage automatique » peut être décomposée en trois sous exigences.

L'exigence « Couple de serrage » admet pour critère le couple de serrage, pour niveau 32 Nm et pour flexibilité +/- 28 Nm.

B. La description structurelle d'un système

L'analyse structurelle permet de définir les constituants internes au système (de quoi est-il constitué ?) et comment ceux-ci interagissent. Elle consiste à :

- Définir les constituants du système étudié, sous forme hiérarchique, grâce au **diagramme de définition des blocs** ;
- Définir les échanges entre ces constituants au travers du **diagramme des blocs internes**.

Le diagramme de définition des blocs

Le **diagramme de définition des blocs** décrit la structure d'un système en le décomposant. Un bloc représente un sous-système ou un composant élémentaire, et les liens entre les blocs traduisent la composition. Chaque bloc n'apparaît qu'une seule fois. Une éventuelle multiplicité des blocs est indiquée avec un chiffre au niveau de l'association entre les blocs.

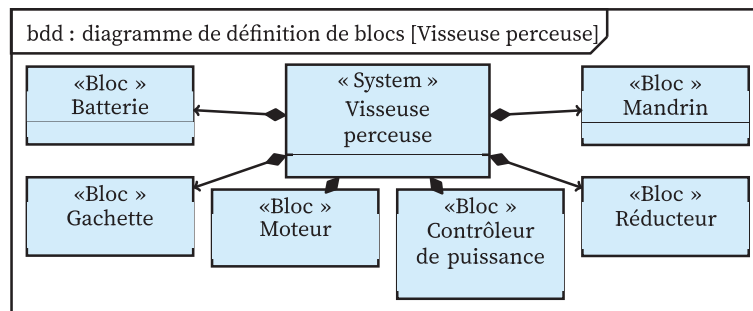


Figure 1-10 : Le diagramme de définition des blocs d'une visseuse automatique

D'après la Figure 1-10, le système « Visseuse perceuse » est composé des six éléments suivants : une batterie, une gâchette, un moteur, un contrôleur de puissance, un réducteur et un mandrin.

Le diagramme des blocs internes

Le **diagramme des blocs internes** décrit les interactions entre différents composants et sous-systèmes ou entre les blocs du diagramme de définition des blocs. La structure du système décrite dans le diagramme de définition des blocs se retrouve alors dans le diagramme des blocs internes où les blocs sont dessinés les uns dans les autres.

Le **diagramme des blocs internes** permet d'identifier les échanges d'**énergie**, de **matière**, et d'**information (EMI)** entre les constituants.

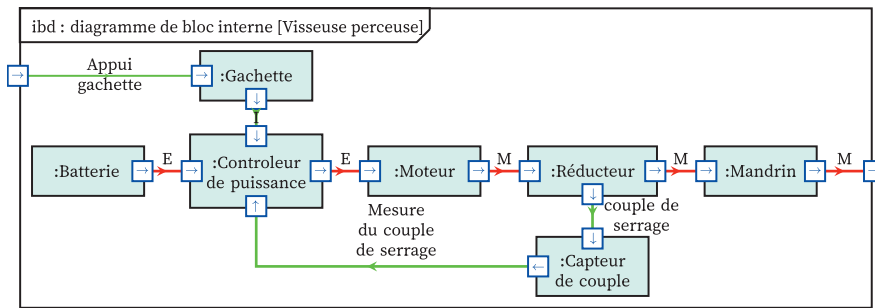


Figure 1-11 : le diagramme de définition des blocs d'une visseuse

Dans la Figure 1-11, le contrôleur de puissance possède 4 ports de flux. Un flux d'information est échangé entre la gâchette et le contrôleur de puissance.

C. La description comportementale d'un système

Le diagramme de séquence

Le **diagramme de séquence** présente l'ordre chronologique des échanges entre utilisateurs et système pour un scénario donné, en indiquant les messages transmis sans détailler le comportement interne des acteurs.

La Figure 1-12 propose une description du fonctionnement d'une visseuse. Dans un premier temps, l'appui sur la gâchette permet d'allumer la lumière et de mettre en mouvement le mandrin. Lorsque le couple de serrage est atteint, le moteur s'arrête.

Le diagramme d'états

Ce diagramme permet de décrire les différents états que peut traverser le système en fonction des événements perçus. Il est utilisé essentiellement pour décrire les modes de marche, d'arrêt, d'attente d'un système ou sous système. Un état caractérise la situation d'un système à un moment donné. Pour passer d'un état à l'autre, on utilise des transitions. La succession état – transition donne donc un **diagramme d'états**. Dans un diagramme d'état, un seul état est actif à la fois.

La Figure 1-13 permet d'identifier les trois états possibles de la visseuse : éteinte, prêt à l'usage et en fonctionnement. La transition « ON » permet de passer de l'état « Eteinte » à l'état « Prêt à l'usage ».

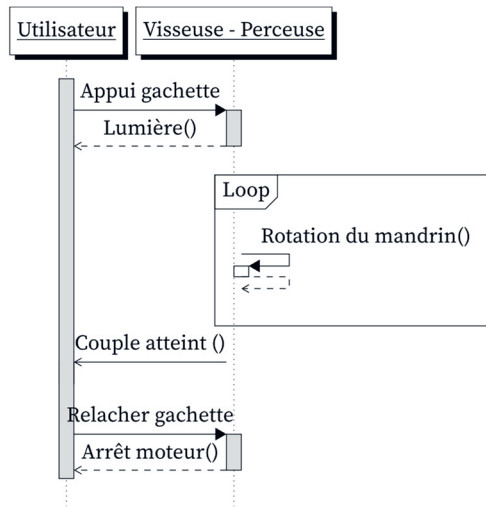


Figure 1-12 : Exemple de diagramme de séquence

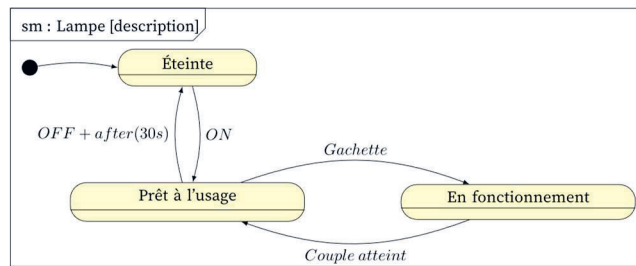


Figure 1-13 : Exemple de diagramme d'état

CORRECTION DE L'EXERCICE D'APPLICATION

Question 1. Compléter le diagramme des cas d'utilisation suivant.

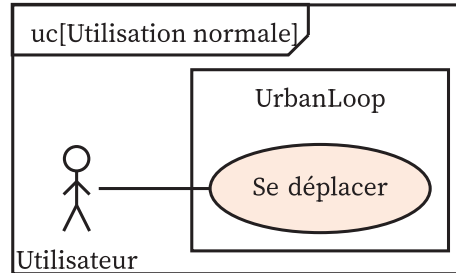


Figure 1-14 : Le diagramme des cas d'utilisation complété

Question 2. Identifier les critères, niveaux et flexibilité de l'exigence suivante.

Critère : vitesse nominale

Niveau : 50 km.h^{-1}

Flexibilité : $\pm 10 \text{ km.h}^{-1}$

Question 3. À l'aide de la description précédente, compléter le diagramme de définition de blocs suivant.

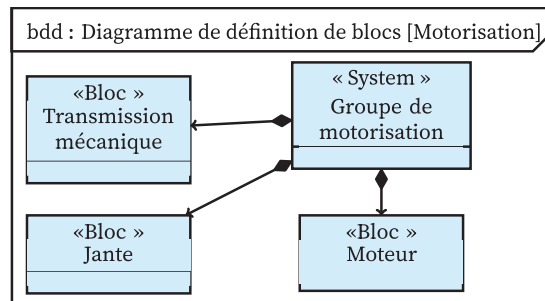


Figure 1-15 : Diagramme de définition de blocs complété

TRAVAUX DIRIGÉS

Exercice 1

Une entreprise spécialisée dans la conception, la fabrication et la commercialisation d'équipements de radiologie développe des systèmes destinés aux hôpitaux, cliniques et centres d'imagerie médicale. Ce domaine, fortement concurrentiel, impose l'utilisation de solutions techniques fiables et éprouvées, tout en nécessitant une capacité d'innovation constante afin de maintenir un haut niveau de performance.

Le système étudié est une table de radiologie numérique permettant :

- D'assurer le support et le positionnement du patient ainsi que du dispositif d'imagerie ;
- De réaliser des examens de tomosynthèses.

Le diagramme partiel de blocs internes de la table est décrit en Figure 1-16.

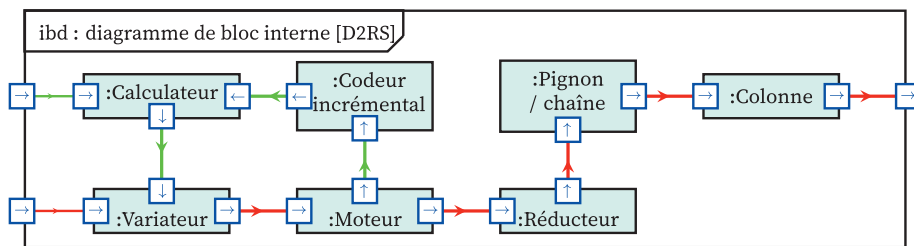


Figure 1-16 : Diagramme partiel de blocs internes

Afin de pouvoir analyser le système et traiter les différentes problématiques techniques associées, il est nécessaire de disposer d'une compréhension globale et structurée de son architecture.

Question 1. A partir de la présentation du système, proposer un diagramme des cas d'utilisation.

Question 2. A partir du diagramme donné sur la Figure 1-16, indiquer par les lettres sur les flux de type information (I), électrique (E) et mécanique (M) entre tous les blocs définis dans le diagramme.

Exercice 2

De nombreux systèmes de production d'énergie évoluent afin de limiter les émissions de gaz à effet de serre et d'intégrer une part croissante de sources d'énergie renouvelables. Ces sources présentent toutefois un caractère intermittent, ce qui nécessite le recours à des moyens de production complémentaires capables d'assurer la continuité de l'alimentation énergétique. Parmi ces solutions, les turbines à gaz sont fréquemment utilisées en raison de leur rendement, de leur forte réactivité et de leurs performances environnementales.

Le fonctionnement de ce type de système, représenté de manière schématique Figure 1-17, repose sur la combustion d'un combustible injecté dans une chambre dédiée. Ce combustible est préalablement mélangé à de l'air comprimé à l'aide d'un dispositif de compression. La combustion des gaz entraîne alors la mise en rotation d'un arbre mécanique par l'intermédiaire d'organes tournants, traversés par les gaz chauds. La rotation de l'arbre est ensuite exploitée pour produire de l'énergie électrique grâce à un générateur. Les gaz en sortie du système peuvent enfin être valorisés pour une production de chaleur.

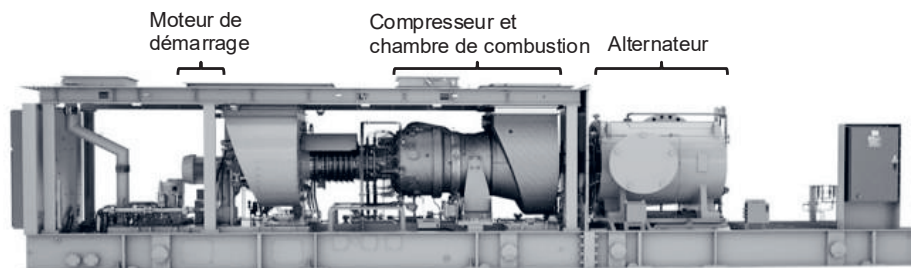


Figure 1-17 : Vue d'ensemble d'une turbine à gaz

Il est toutefois à noter que ce principe ne fonctionne qu'une fois la turbine déjà lancée. Il est donc nécessaire de disposer d'un système de lancement, souvent électrique.

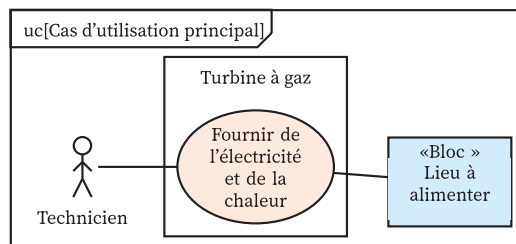


Figure 1-18 : Diagramme de cas d'utilisation

Question 1. Rappeler quelle est la fonction principale d'une telle turbine à gaz.

Question 2. En vous aidant de la description du système faite, compléter le diagramme de définitions des blocs de la turbine sur le Figure 1-19.

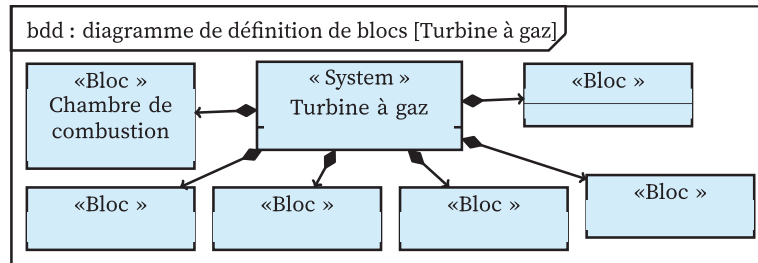


Figure 1-19 : Diagramme de définition de blocs

CORRECTION DES TRAVAUX DIRIGÉS

EXERCICE 1

Question 1. A partir de la présentation du système, proposer un diagramme des cas d'utilisation.

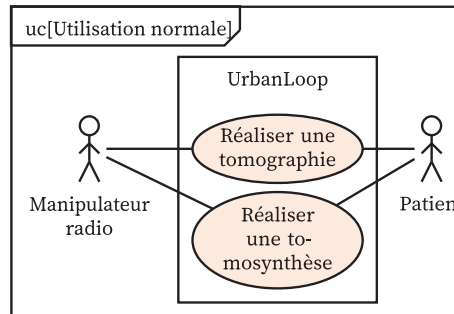


Figure 1-20 : Proposition d'un diagramme des cas d'utilisation

Question 2. A partir du diagramme donné sur la Figure 3, indiquer par les lettres sur le document réponse DR2 les flux de type information (I), électrique (E) et mécanique (M) entre tous les blocs définis dans le diagramme « ibd mouvement d'incidence ».

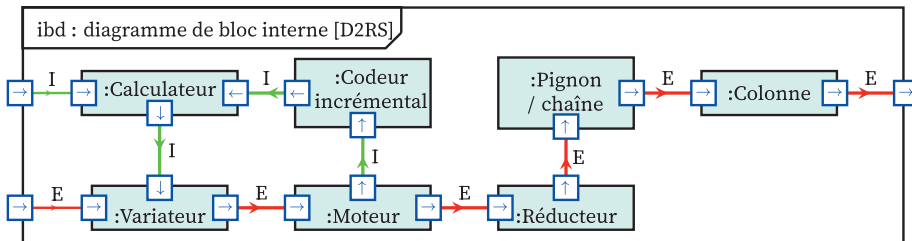


Figure 1-21 : Diagramme de blocs internes complété

EXERCICE 2

Question 1. Rappeler quelle est la fonction principale d'une telle turbine à gaz.

La turbine à gaz permet de fournir de l'électricité et de la chaleur

Question 2. En vous aidant de la description du système faite dans cette première partie, compléter le diagramme de définition des blocs de la turbine sur le DR1.

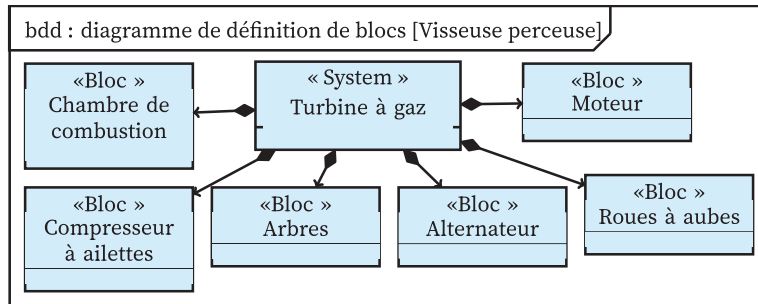


Figure 1-22 : Diagramme des blocs internes complété

