

Partie 4 – Analyse et proposition d’une séquence pédagogique

Cette partie traite de l’élaboration d’une organisation de séquence pédagogique relative aux enseignements technologiques du cycle terminal « sciences et technologies de l’industrie et du développement durable ». Cette séquence devra répondre à plusieurs attendus précisés ci-dessous et sera préparée pour un groupe de 30 élèves de première STI2D qui n’ont pas encore choisi leur spécialité.

Attendu N°1	La séquence sera à placer en tout début de classe de 1 ^{re} , dans le cadre de l’expérimentation de la période de détermination du premier trimestre STI2D (voir figure 26).
--------------------	---

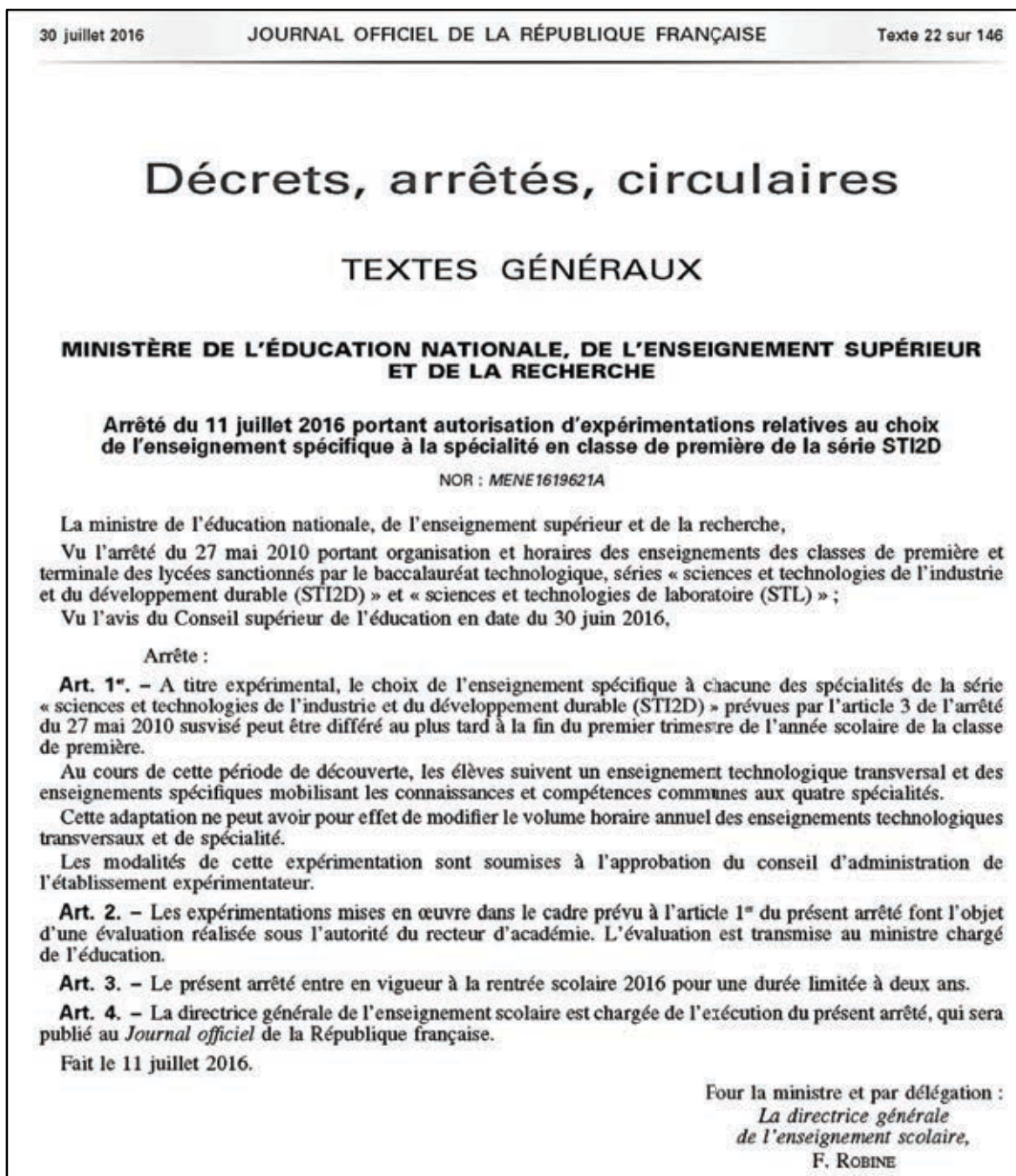


Figure 26 – Arrêté du 11 juillet 2016

Agrégation de sciences industrielles de l'ingénieur		Session : 2018
Analyse et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique	Code :	Page 23 sur 45

Attendu N°2	La séquence veillera à présenter les modalités de formation du baccalauréat technologique STI2D, et particulièrement l'articulation entre l'enseignement transversal et les enseignements de spécialité.
Attendu N°3	La séquence veillera à présenter et mettre en valeur de manière équilibrée chacune des quatre spécialités.
Attendu N°4	La séquence veillera à placer les élèves dans des démarches actives et réflexives.
Attendu N°5	La séquence, située en début de formation, veillera à présenter aux élèves les principales innovations et évolutions technologiques qui traversent l'industrie
Attendu N°6	La séquence pédagogique veillera à exploiter les ressources fournies dans le sujet (procédé XtreeE) et les documents DP 1 à DP 8. L'organisation de la séquence inclura au moins une séance de 2h en classe entière en enseignements technologiques transversaux permettant d'apporter aux élèves l'état de l'art de la fabrication additive.

Question 31 : Détailler les repères de progressivité à définir par le professeur pour contribuer, dans cette séquence, à atteindre partiellement les objectifs O1 et O4 fixés dans le programme de formation. Utiliser le modèle de tableau ci-dessous.

Objectif défini au référentiel	Repère de progressivité	Justification
O1 : caractériser des systèmes privilégiant un usage raisonné du point de vue du développement durable		
O4 : Décoder l'organisation fonctionnelle, structurelle et logicielle d'un système		

Question 32 : Identifier en lien avec les objectifs précédents, les indicateurs de réussite (observables par le professeur) de la séquence. Utiliser le modèle de tableau ci-dessous.

Objectif visé	Indicateur de réussite	Justification

Question 33 : Définir de manière précise l'organisation d'une séance de 2h en classe entière en enseignements technologiques transversaux incluse dans la séquence et qui porterait plus spécifiquement sur l'objectif O3 et l'état de l'art de la fabrication additive. Préciser notamment :

- les activités des élèves ;
- les activités du professeur ;
- les ressources pédagogiques nécessaires ;
- le phasage et déroulement de la séance ;
- toutes autres précisions utiles à la compréhension de la séance.

Question 34 : Préciser les liens à prévoir entre cette séquence et les enseignements dispensés dans les spécialités.

Agrégation de sciences industrielles de l'ingénieur		Session : 2018
Analyse et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique	Code :	Page 24 sur 45

Question 35 : Définir le nombre de séances et les thèmes des séances composant la séquence.

Question 36 : Définir la position et la durée de la séquence dans la période d'expérimentation. Justifier les choix réalisés.

Question 37 : Définir de manière précise le contenu du document de structuration des connaissances à élaborer pour la séquence ainsi développée.

Question 38 : Définir les modalités du suivi des progrès des élèves pendant cette séquence. Préciser les outils d'évaluation à mobiliser et leurs impacts sur les stratégies pédagogiques à déployer dans les séquences pédagogiques suivantes.

DOCUMENTS TECHNIQUES

DT 1 – Diagrammes SYSML du système

DT 2 – Caractéristiques du matériau béton du procédé XtreeE

DT 3 – Extrait de documentation SKF

DT 4 – Paramétrages de la simulation mécanique

DT 5 – Lois cinématiques utilisées pour la simulation mécanique

DT 6 – Couple moteur inconnu calculé dans la liaison Pivot 2

Agrégation de sciences industrielles de l'ingénieur		Session : 2018
Analyse et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique	Code :	Page 26 sur 45

DT 1 – Diagrammes SYSML du système

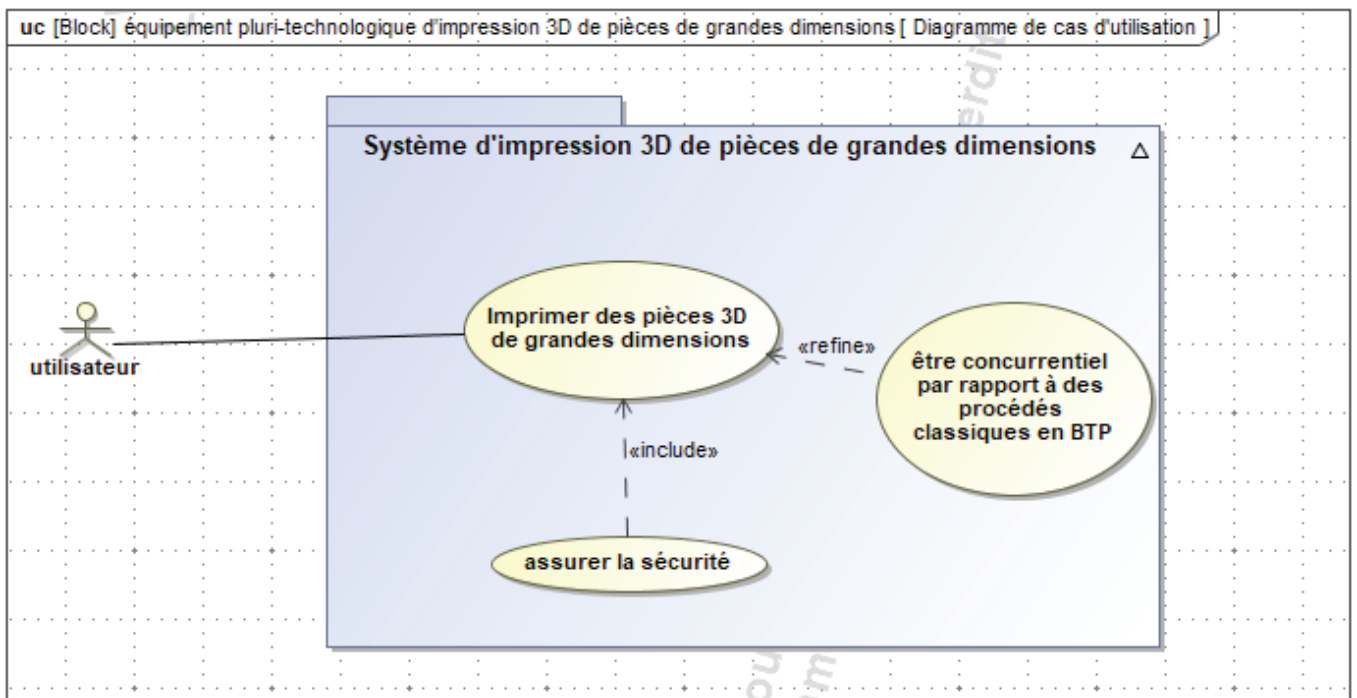


Figure 27 – Diagramme de cas d'utilisation

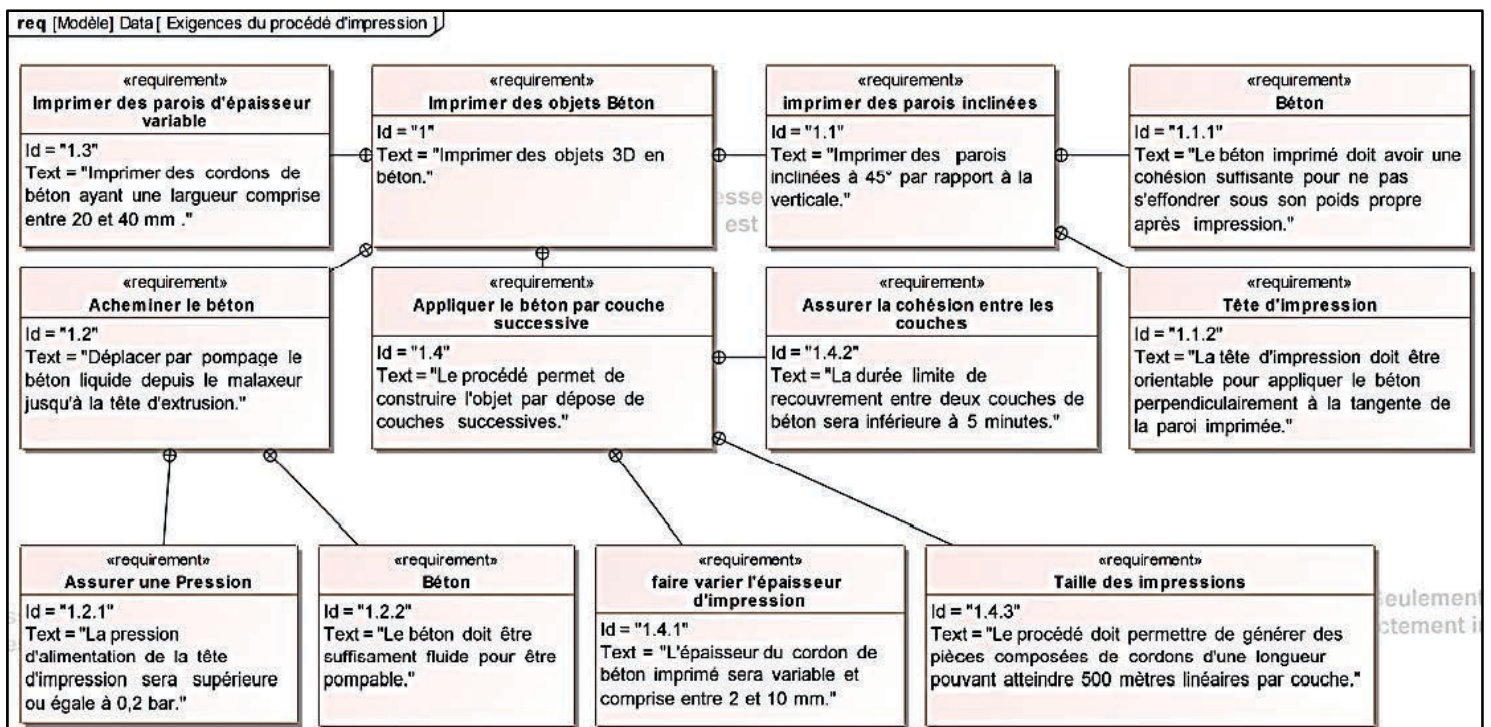


Figure 28 – Diagramme d'exigences

DT 1 – Diagrammes SYSMML du système

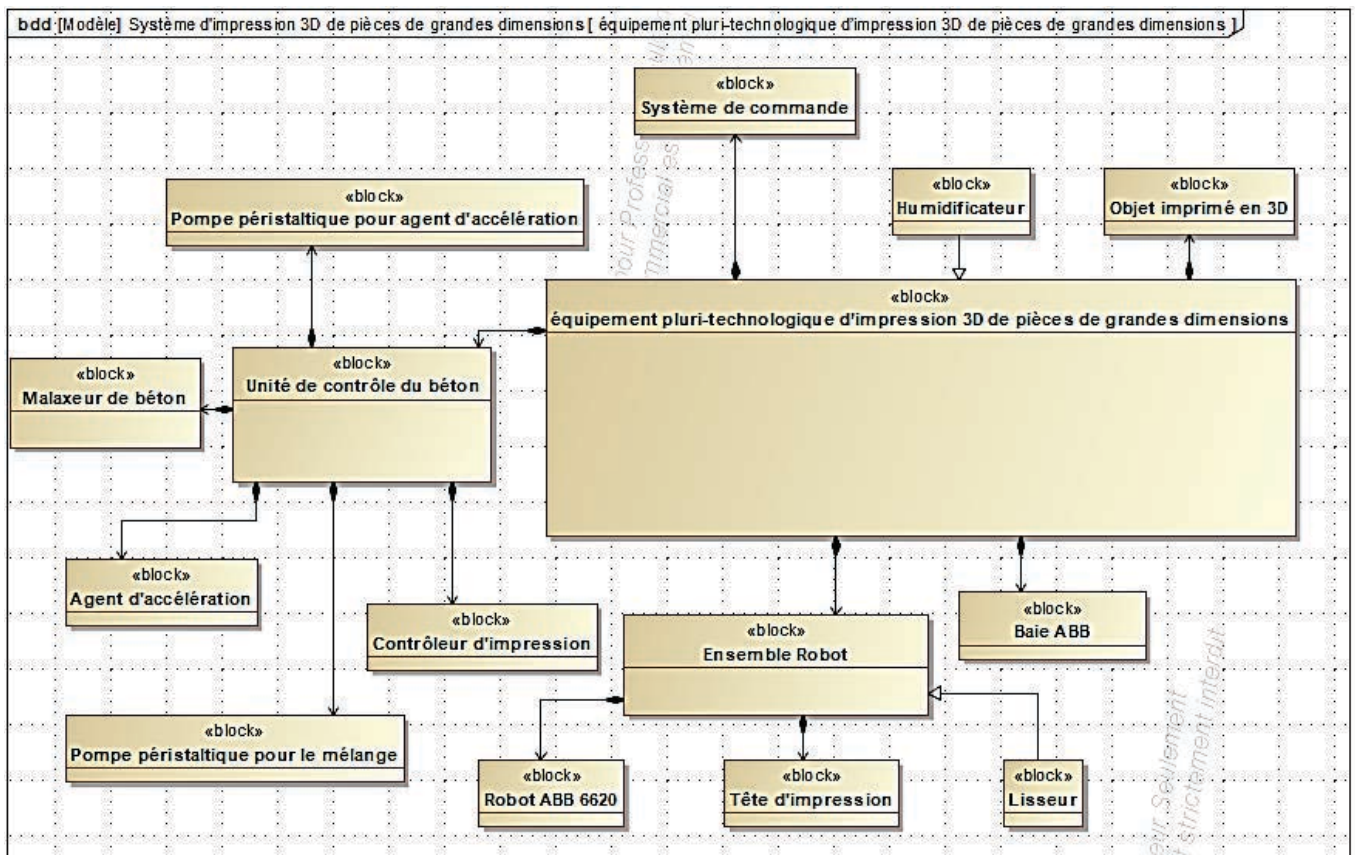


Figure 29 – Diagramme de définition de blocs

DT 1 – Diagrammes SYSML du système

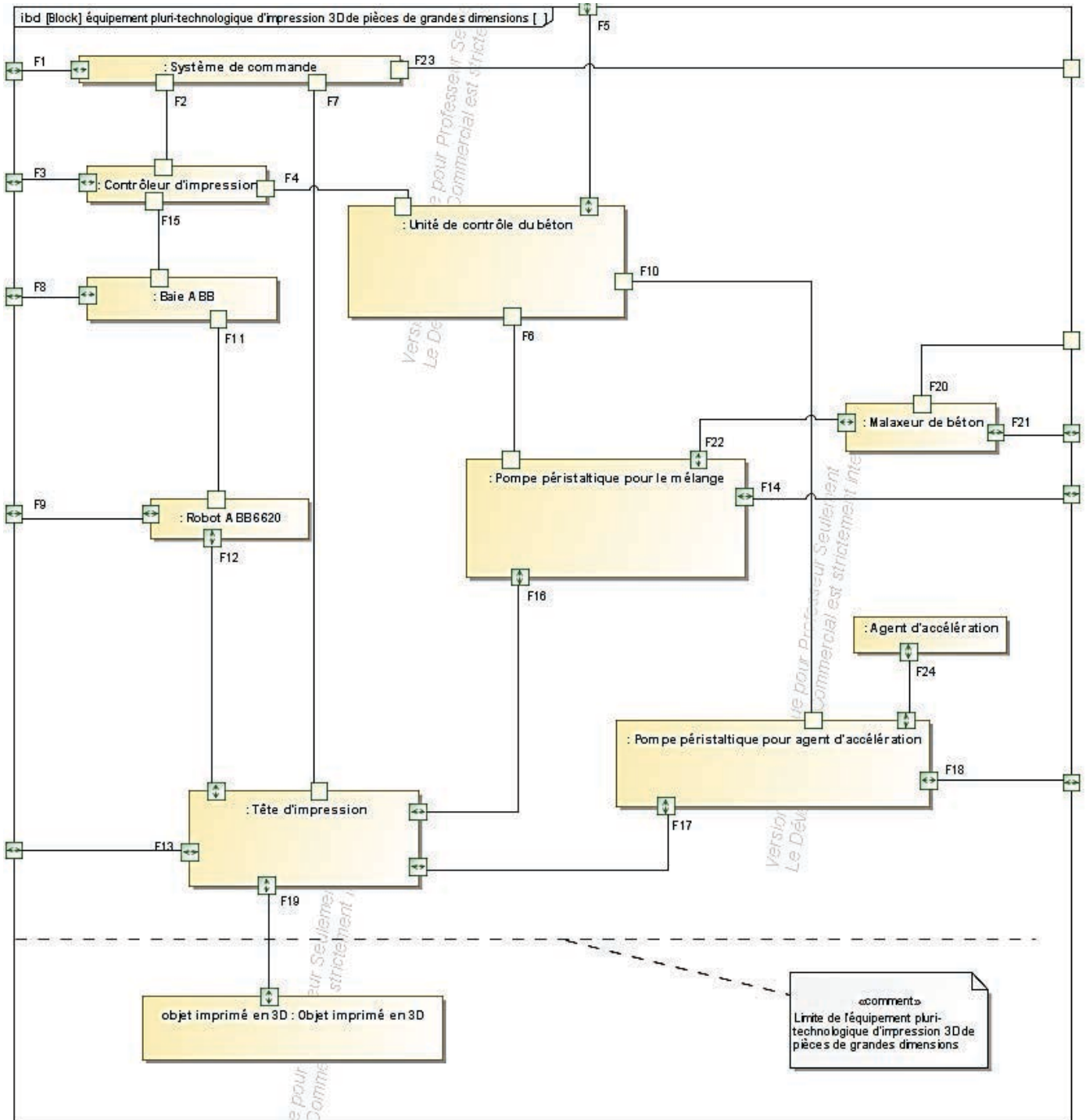


Figure 30 – Diagramme de bloc interne

DT 2 – Caractéristiques du matériau béton du procédé XtreeE

Composition en masse :

Ciment type CEM I : 35%
Sable : 45 %
Filler calcaire : 10 %
Cendres volantes : 10 %
Eau : 8 % de la masse de poudre

Béton frais :

Masse volumique : $\rho_b = 2310 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

Le comportement rhéologique* du béton frais étudié est modélisé par le modèle de Bingham, caractérisé par la relation suivante :

$$\tau = \tau_0 + \mu \cdot \dot{\gamma}$$

Avec :

- la contrainte de cisaillement : τ
- le seuil de viscosité : $\tau_0 = 160 \text{ Pa}$
- la viscosité dynamique : $\mu = 10 \text{ Pa}\cdot\text{s}$
- la vitesse de cisaillement : $\dot{\gamma}$

* Rhéologie : étude de la déformation et de l'écoulement de la matière sous l'effet d'une contrainte appliquée.

Béton sec après 90 jours :

Masse volumique : $\rho_b = 2250 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

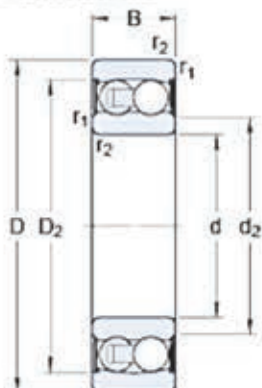
Résistance mécanique à la compression : $\sigma > 120 \cdot 10^6 \text{ Pa}$

Agrégation de sciences industrielles de l'ingénieur		Session : 2018
Analyse et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique	Code :	Page 30 sur 45

DT 3 – Extrait de documentation SKF

2211 E-2RS1TN9

Dimensions



d	55	mm
D	100	mm
B	25	mm
d ₂	≈ 65.9	mm
D ₂	≈ 88.5	mm
r _{1,2}	min. 1.5	mm

DT 4 – Paramétrages de la simulation mécanique

- Mécanisme
 - Pièces
 - robot1<1>
 - robot23456_tete-impression<1>
 - lisseur<2>
 - Liaisons
 - Pivot1
 - Pivot2
 - Efforts
 - Couple moteur inconnu Pivot1 (Pivot1)
 - Couple moteur inconnu Pivot2 (Pivot2)
 - Fluides
 - Entrées
 - Courbes
 - Courbe1
 - Courbe2
 - Curseurs
 - Formules
 - Analyse
 - Résultats <Scénario 1>
 - Chaines
 - Trajectoires
 - Trajectoire1 (lisseur<2> / robot1<1>)
 - Courbes
 - Courbe2
 - Résultats Inter Etudes
 - Courbes

Choix des paramètres de calcul

Scénario 1

N°	Liaison	Compos.	Mouvement	Vitesse	Entrée
1	Pivot1	Rx (0.00000...	Vit. Variable		Courbe1
2	Pivot2	Rx (-8.3148...	Vit. Variable		Courbe2

Mouvements d'entrée

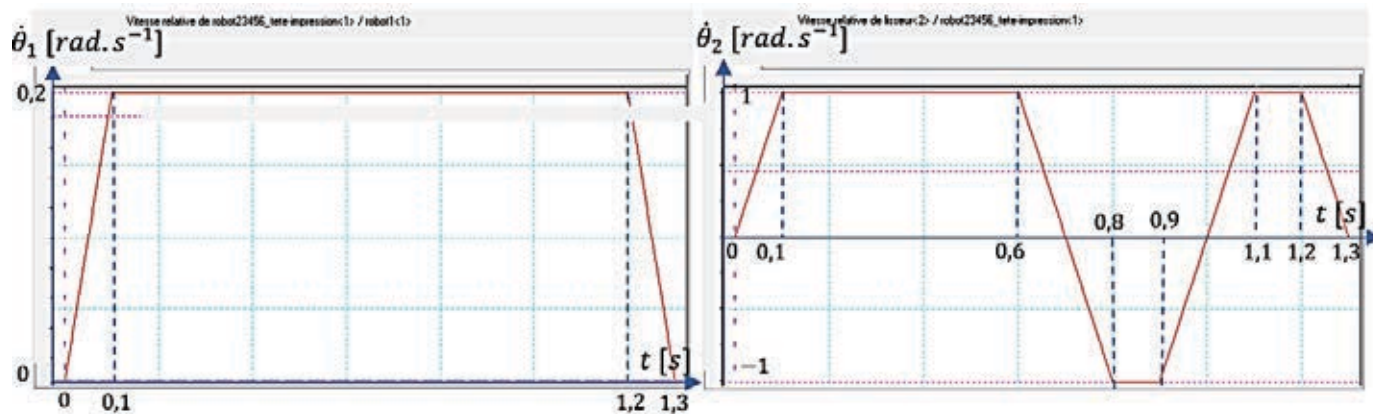
Type d'étude: Dynamique

Nbre de positions: 1300

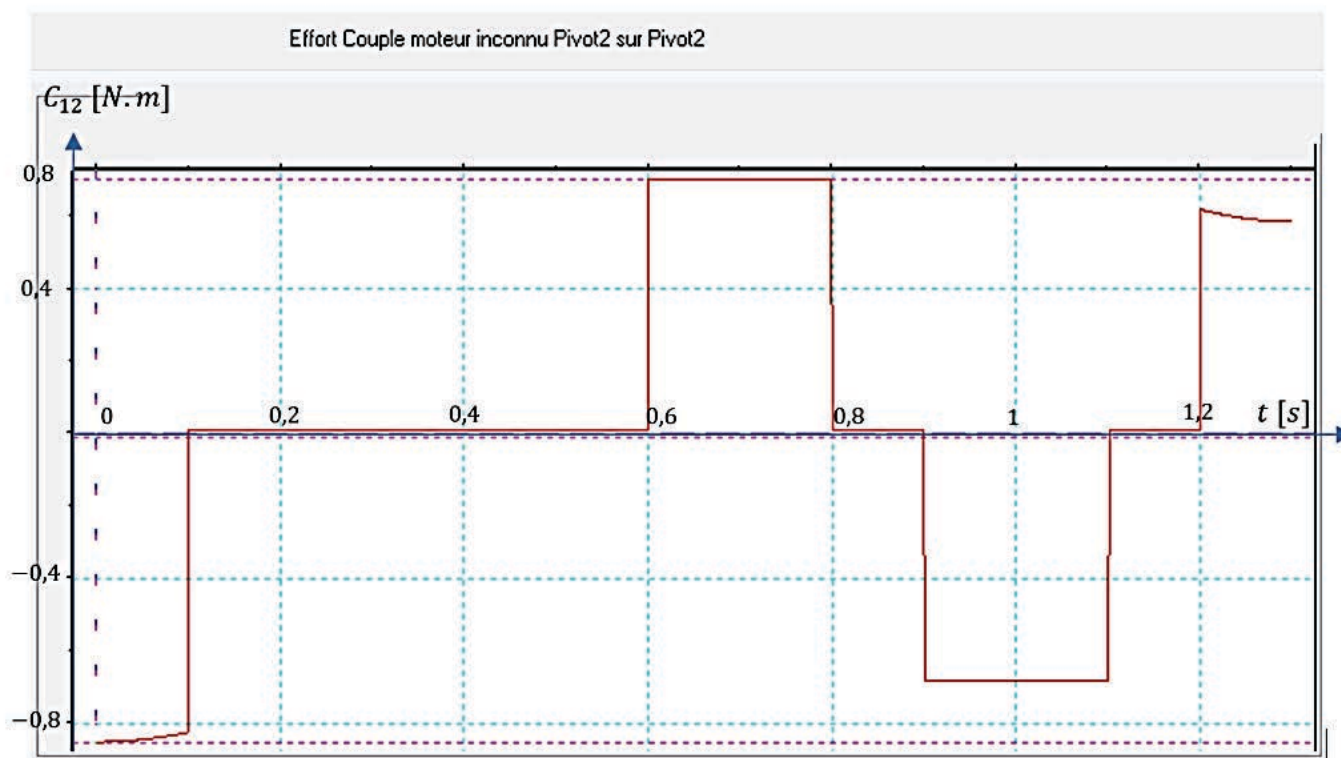
Durée du mouvement (sec): 1.3

Pièce de référence: robot1<1>

DT 5 – Lois cinématiques utilisées pour la simulation mécanique



DT 6 – Couple moteur inconnu calculé dans la liaison Pivot 2



DOCUMENTS PÉDAGOGIQUES

DP 1 – Enseignements technologiques communs STI2D

DP 2 – Savoirs de l'enseignement transversal STI2D

DP 3 – Spécialités - Enseignements de spécialité STI2D AC

DP 4 – Enseignements de spécialité STI2D EE

DP 5 – Enseignements de spécialités STI2D ITEC

DP 6 – Enseignements de spécialité STI2D SIN

DP 7 – Liste des savoirs des quatre spécialités du bac STI2D

DP 8 – Ressources pour la séquence pédagogique

Agrégation de sciences industrielles de l'ingénieur		Session : 2018
Analyse et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique	Code :	Page 33 sur 45

DP 1 – Enseignements technologiques communs STI2D

B.O. Bulletin officiel spécial n° 3 du 17 mars 2011

Les enseignements technologiques communs

A - Objectifs et compétences des enseignements technologiques communs du baccalauréat STI2D

Objectifs de formation		Compétences attendues
Société et développement durable	O1 - Caractériser des systèmes privilégiant un usage raisonné du point de vue développement durable	CO1.1. Justifier les choix des matériaux, des structures d'un système et les énergies mises en œuvre dans une approche de développement durable CO1.2. Justifier le choix d'une solution selon des contraintes d'ergonomie et d'effets sur la santé de l'homme et du vivant
	O2 - Identifier les éléments permettant la limitation de l'impact environnemental d'un système et de ses constituants	CO2.1. Identifier les flux et la forme de l'énergie, caractériser ses transformations et/ou modulations et estimer l'efficacité énergétique globale d'un système CO2.2. Justifier les solutions constructives d'un système au regard des impacts environnementaux et économiques engendrés tout au long de son cycle de vie
Technologie	O3 - Identifier les éléments influents du développement d'un système	CO3.1. Décoder le cahier des charges fonctionnel d'un système CO3.2. Évaluer la compétitivité d'un système d'un point de vue technique et économique
	O4 - Décoder l'organisation fonctionnelle, structurelle et logicielle d'un système	CO4.1. Identifier et caractériser les fonctions et les constituants d'un système ainsi que ses entrées/sorties CO4.2. Identifier et caractériser l'agencement matériel et/ou logiciel d'un système CO4.3. Identifier et caractériser le fonctionnement temporel d'un système CO4.4. Identifier et caractériser des solutions techniques relatives aux matériaux, à la structure, à l'énergie et aux informations (acquisition, traitement, transmission) d'un système
	O5 - Utiliser un modèle de comportement pour prédire un fonctionnement ou valider une performance	CO5.1. Expliquer des éléments d'une modélisation proposée relative au comportement de tout ou partie d'un système CO5.2. Identifier des variables internes et externes utiles à une modélisation, simuler et valider le comportement du modèle CO5.3. Évaluer un écart entre le comportement du réel et le comportement du modèle en fonction des paramètres proposés
Communication	O6 - Communiquer une idée, un principe ou une solution technique, un projet, y compris en langue étrangère	CO6.1. Décrire une idée, un principe, une solution, un projet en utilisant des outils de représentation adaptés CO6.2. Décrire le fonctionnement et/ou l'exploitation d'un système en utilisant l'outil de description le plus pertinent CO6.3. Présenter et argumenter des démarches, des résultats, y compris dans une langue étrangère

B - Programme des enseignements technologiques communs du baccalauréat STI2D

Le programme des enseignements technologiques communs détaillé ci-après est constitué de trois parties décrivant les connaissances visées. La structure et l'ordre proposés des connaissances n'induit pas l'organisation concrète des apprentissages. En particulier, les contenus du chapitre 3, traitant des solutions technologiques, auront tout avantage à être répartis et intégrés aux phases d'apprentissages associées aux deux chapitres précédents. Une étoile dans la colonne « Ph. » met en évidence les liens et relations avec le programme de physique nécessitant une étroite coordination entre les progressions pédagogiques des deux enseignements. Un « M » dans la colonne « Ph. » indique le lien en relation avec le programme de mathématiques.

Agrégation de sciences industrielles de l'ingénieur		Session : 2018
Analyse et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique	Code :	Page 34 sur 45

DP 2 – Savoirs de l'enseignement transversal STI2D

- 1 Principes de conception des systèmes de développement durable
 - 1.1 Compétitivité et créativité
 - 1.1.2 Cycle de vie d'un produit et choix techniques, économiques et environnementaux
 - 1.1.3 Compromis complexité – efficacité – coût
 - 1.2 Éco conception
 - 1.2.1 Étapes de la démarche de conception
 - 1.2.2 Mise à disposition des ressources
 - 1.2.3 Utilisation raisonnée des ressources
- 2 Outils et méthodes d'analyse et de description des systèmes
 - 2.1 Approche fonctionnelle des systèmes
 - 2.2 Outils de représentation
 - 2.2.1 Représentation du réel
 - 2.2.2 Représentations symboliques
 - 2.3 Approche comportementale
 - 2.3.1 Modèles de comportement
 - 2.3.2 Comportement des matériaux
 - 2.3.3 Comportement mécanique des systèmes
 - 2.3.4 Structures porteuses
 - 2.3.5 Comportement énergétique des systèmes
 - 2.3.6 Comportements informationnels des systèmes
- 3 Solutions technologiques
 - 3.1 Structures matérielles et/ou logicielles
 - 3.1.1 Choix des matériaux
 - 3.1.2 Typologie des solutions constructives des liaisons entre solides
 - 3.1.3 Typologie des solutions constructives de l'énergie
 - 3.1.4 Traitement de l'information
 - 3.2 Constituants d'un système
 - 3.2.1 Transformateurs et Modulateurs d'énergie associés
 - 3.2.2 Stockage d'énergie
 - 3.2.3 Acquisition et codage de l'information
 - 3.2.4 Transmission de l'information, réseaux et internet

Agrégation de sciences industrielles de l'ingénieur		Session : 2018
Analyse et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique	Code :	Page 35 sur 45

DP 3 – Spécialités - Enseignements de spécialité STI2D AC

B.O.

Bulletin officiel spécial n° 3 du 17 mars 2011

Les spécialités

Les activités liées aux spécialités doivent se situer dans un contexte pluritechnologique qui permet de :

- présenter et justifier le problème technique de spécialité à résoudre ;
- valider et justifier la solution technique de spécialité proposée ;
- étudier les conséquences d'intégrations technologiques justifiant la transition d'une spécialité dans une autre, simplifier des solutions, augmenter les performances, diminuer les coûts dans un contexte de réduction des empreintes environnementales.

La démarche globale menée dans l'enseignement technologique transversal fait place à une approche plus centrée sur un domaine **sans négliger les influences réciproques des autres domaines**. L'enseignement de spécialité permet d'impliquer les élèves par des mises en situation concrètes allant vers la création, la conception, le « réel créé ».

Il s'agit de proposer aux élèves de vivre les différentes étapes d'un projet dans un contexte simple et limité, fédérateur de connaissances et facilitateur d'apprentissages par l'action. Les jeunes déjà intéressés dès le lycée par un domaine technique pourront le découvrir et s'y épanouir.

Certaines connaissances abordées lors des enseignements technologiques transversaux participent également à l'acquisition de compétences nouvelles dans des spécialités. Elles sont alors reprises et traitées à un niveau taxonomique plus élevé.

Le projet, déjà évoqué dans le préambule, est fondamental comme modalité de formation ; il constitue donc un moment privilégié permettant l'évaluation des compétences. Il peut être utilement complété par des microprojets répartis sur les deux années du cycle de formation à l'initiative des équipes pédagogiques.

Les pages qui suivent présentent les quatre programmes de spécialités dans la même logique que celle des enseignements technologiques communs, la colonne ETC indique la présence d'un lien avec eux :

- Architecture et construction ;
- Énergies et environnement ;
- Innovation technologique et éco-conception ;
- Systèmes d'information et numérique.

Spécialité architecture et construction

A - Objectifs et compétences de la spécialité architecture et construction du baccalauréat STI2D

Objectifs de formation	Compétences attendues
O7 - Imaginer une solution, répondre à un besoin	CO7.ac1. Participer à une étude architecturale, dans une démarche de développement durable CO7.ac2. Proposer/choisir des solutions techniques répondant aux contraintes et attentes d'une construction CO7.ac3. Concevoir une organisation de réalisation
O8 - Valider des solutions techniques	CO8.ac1. Simuler un comportement structurel, thermique et acoustique de tout ou partie d'une construction CO8.ac2. Analyser les résultats issus de simulations ou d'essais de laboratoire CO8.ac3. Analyser/valider les choix structurels et de confort
O9 - Gérer la vie du produit	CO9.ac1. Améliorer les performances d'une construction du point de vue énergétique, domotique et informationnel CO9.ac2. Identifier et décrire les causes de désordre dans une construction CO9.ac3. Valoriser la fin de vie du produit : déconstruction, gestion des déchets, valorisation des produits

Agrégation de sciences industrielles de l'ingénieur		Session : 2018
Analyse et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique	Code :	Page 36 sur 45

DP 4 – Enseignements de spécialité STI2D EE

B.O. Bulletin officiel spécial n° 3 du 17 mars 2011

Spécialité énergies et environnement

A - Objectifs et compétences de la spécialité-énergies et environnement

Objectifs de formation	Compétences attendues
O7 - Imaginer une solution, répondre à un besoin	<p>CO7.ee1. Participer à une démarche de conception dans le but de proposer plusieurs solutions possibles à un problème technique identifié en lien avec un enjeu énergétique</p> <p>CO7.ee2. Justifier une solution retenue en intégrant les conséquences des choix sur le triptyque matériau-énergie-information</p> <p>CO7.ee3. Définir la structure, la constitution d'un système en fonction des caractéristiques technico-économiques et environnementales attendues</p> <p>CO7.ee4. Définir les modifications de la structure, les choix de constituants et du type de système de gestion d'une chaîne d'énergie afin de répondre à une évolution d'un cahier des charges</p>
O8 - Valider des solutions techniques	<p>CO8.ee1. Renseigner un logiciel de simulation du comportement énergétique avec les caractéristiques du système et les paramètres externes pour un point de fonctionnement donné</p> <p>CO8.ee2. Interpréter les résultats d'une simulation afin de valider une solution ou l'optimiser</p> <p>CO8.ee3. Comparer et interpréter le résultat d'une simulation d'un comportement d'un système avec un comportement réel</p> <p>CO8.ee4. Mettre en œuvre un protocole d'essais et de mesures sur le prototype d'une chaîne d'énergie, interpréter les résultats</p>
O9 - Gérer la vie d'un système	<p>CO9.ee1. Expérimenter des procédés de stockage, de production, de transport, de transformation, d'énergie pour aider à la conception d'une chaîne d'énergie</p> <p>CO9.ee2. Réaliser et valider un prototype obtenu en réponse à tout ou partie du cahier des charges initial</p> <p>CO9.ee3. Intégrer un prototype dans un système à modifier pour valider son comportement et ses performances</p>

DP 5 – Enseignements de spécialités STI2D ITEC

B.O.

Bulletin officiel spécial n° 3 du 17 mars 2011

Spécialité innovation technologique et éco-conception

A - Objectifs et compétences de la spécialité innovation technologique et éco-conception du baccalauréat STI2D

Objectifs de formation	Compétences attendues
O7 - Imaginer une solution, répondre à un besoin	<p>CO7.itec1. Identifier et justifier un problème technique à partir de l'analyse globale d'un système (approche matière-énergie-information)</p> <p>CO7.itec2. Proposer des solutions à un problème technique identifié en participant à des démarches de créativité, choisir et justifier la solution retenue</p> <p>CO7.itec3. Définir, à l'aide d'un modèleur numérique, les formes et dimensions d'une pièce d'un mécanisme à partir des contraintes fonctionnelles, de son principe de réalisation et de son matériau</p> <p>CO7.itec4. Définir, à l'aide d'un modèleur numérique, les modifications d'un mécanisme à partir des contraintes fonctionnelles</p>
O8 - Valider des solutions techniques	<p>CO8.itec1. Paramétrer un logiciel de simulation mécanique pour obtenir les caractéristiques d'une loi d'entrée/sortie d'un mécanisme simple</p> <p>CO8.itec2. Interpréter les résultats d'une simulation mécanique pour valider une solution ou modifier une pièce ou un mécanisme</p> <p>CO8.itec3. Mettre en œuvre un protocole d'essais et de mesures, interpréter les résultats</p> <p>CO8.itec4. Comparer et interpréter le résultat d'une simulation d'un comportement mécanique avec un comportement réel</p>
O9 - Gérer la vie du produit	<p>CO9.itec1. Expérimenter des procédés pour caractériser les paramètres de transformation de la matière et leurs conséquences sur la définition et l'obtention de pièces</p> <p>CO9.itec2. Réaliser et valider un prototype obtenu par rapport à tout ou partie du cahier des charges initial</p> <p>CO9.itec3. Intégrer les pièces prototypes dans le système à modifier pour valider son comportement et ses performances</p>

Agrégation de sciences industrielles de l'ingénieur		Session : 2018
Analyse et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique	Code :	Page 38 sur 45

DP 6 – Enseignements de spécialité STI2D SIN

Spécialité systèmes d'information et numérique

A - Objectifs et compétences de la spécialité systèmes d'information et numérique du baccalauréat STI2D

Objectifs de formation	Compétences attendues
O7 - Imaginer une solution, répondre à un besoin	<p>CO7.sin1. Décoder la notice technique d'un système, vérifier la conformité du fonctionnement</p> <p>CO7.sin2. Décoder le cahier des charges fonctionnel décrivant le besoin exprimé, identifier la fonction définie par un besoin exprimé, faire des mesures pour caractériser cette fonction et conclure sur sa conformité</p> <p>CO7.sin3. Exprimer le principe de fonctionnement d'un système à partir des diagrammes SysML pertinents Repérer les constituants de la chaîne d'énergie et d'information</p>
O8 - Valider des solutions techniques	<p>CO8.sin1. Rechercher et choisir une solution logicielle ou matérielle au regard de la définition d'un système</p> <p>CO8.sin2. Établir pour une fonction précédemment identifiée un modèle de comportement à partir de mesures faites sur le système</p> <p>CO8.sin3. Traduire sous forme graphique l'architecture de la chaîne d'information identifiée pour un système et définir les paramètres d'utilisation du simulateur</p> <p>CO8.sin4. Identifier les variables simulées et mesurées sur un système pour valider le choix d'une solution</p>
O9 - Gérer la vie d'un système	<p>CO9.sin1. Utiliser les outils adaptés pour planifier un projet (diagramme de Gantt, chemin critique, données économiques, réunions de projet)</p> <p>CO9.sin2. Installer, configurer et instrumenter un système réel Mettre en œuvre la chaîne d'acquisition puis acquérir, traiter, transmettre et restituer l'information</p> <p>CO9.sin3. Rechercher des évolutions de constituants dans le cadre d'une démarche de veille technologique, analyser la structure d'un système pour intervenir sur les constituants dans le cadre d'une opération de maintenance</p> <p>CO9.sin4. Rechercher et choisir de nouveaux constituants d'un système (ou d'un projet finalisé) au regard d'évolutions technologiques, socio-économiques spécifiées dans un cahier des charges. Organiser le projet permettant de « maquettiser » la solution choisie</p>

Agrégation de sciences industrielles de l'ingénieur		Session : 2018
Analyse et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique	Code :	Page 39 sur 45

DP 7 – Liste des savoirs des quatre spécialités du bac STI2D

Savoirs AC	<p>1 Projet technologique</p> <p>1.1 La démarche de projet</p> <p>1.2 Projet architectural</p> <p>1.3 Établir une organisation de réalisation</p> <p>2 Conception d'un ouvrage</p> <p>2.1 Paramètres influant la conception</p> <p>2.2 Solutions technologiques</p> <p>2.3 Modélisations, essais et simulations</p> <p>3 Vie de la construction</p> <p>3.1 Améliorer les performances de la construction</p> <p>3.2 Gestion de la vie d'une construction</p>
Savoirs EE	<p>1 Projet technologique</p> <p>1.1 La démarche de projet</p> <p>1.2 Paramètres de la compétitivité</p> <p>1.3 Vérification des performances</p> <p>1.4 Communication technique</p> <p>2 Conception d'un système</p> <p>2.1 Approche fonctionnelle d'une chaîne d'énergie</p> <p>2.2 Approche fonctionnelle du système de gestion de la chaîne d'énergie</p> <p>2.3 Paramètres influant la conception</p> <p>2.4 Approche comportementale</p> <p>2.5 Critères de choix de solutions</p> <p>3 Transports et distribution d'énergie, études de dossiers technologiques</p> <p>3.1 Production et transport d'énergie</p> <p>4 Réalisation et qualification d'un prototype</p> <p>4.1 Réalisation d'un prototype</p> <p>4.2 Sécurité</p> <p>4.3 Essais et réglages en vue d'assurer le fonctionnement et d'améliorer les performances</p>
Savoirs ITEC	<p>1 Projet technologique</p> <p>1.1 La démarche de projet</p> <p>1.2 Créativité et innovation technologique</p> <p>1.3 Description et représentation</p> <p>2 Conception mécanique des systèmes</p> <p>2.1 Conception des mécanismes</p> <p>2.2 Comportement d'un mécanisme et/ou d'une pièce</p> <p>3 Prototypage de pièces</p> <p>3.1 Procédés de transformation de la matière</p> <p>3.2 Essais, mesures et validation</p>
Savoirs SIN	<p>1 Projet technologique</p> <p>1.1 La démarche de projet</p> <p>1.2 Mise en œuvre d'un système</p> <p>1.3 Description et représentation</p> <p>2 Maquettage des solutions constructives</p> <p>2.1 Conception fonctionnelle d'un système local</p> <p>2.2 Architecture fonctionnelle d'un système communicant</p> <p>2.3 Modélisations et simulations</p> <p>3 Réalisation et qualification d'un prototype</p> <p>3.1 Réalisation d'un prototype</p> <p>3.2 Gestion de la vie d'un système</p>

DP 8 – Ressources pour la séquence pédagogique

Le **BIOMIMÉTISME** (source : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Biomim%C3%A9tisme>)

« Le biomimétisme désigne un processus d'innovation et une ingénierie. Il s'inspire des formes, matières, propriétés, processus et fonctions du vivant. Il peut concerner des échelles nanométriques et biomoléculaires avec par exemple l'ADN et l'ARN, et jusqu'à des échelles macroscopiques et écosystémiques, incluant donc les services écosystémiques. Il cherche ainsi des solutions soutenables produites par la nature, sélectionnées par de nombreuses espèces, éprouvées par l'évolution au sein de la biosphère¹.

C'est un domaine encore émergent de la recherche et des domaines techniques, médicaux, industriels et de la bioéconomie, incluant des sous-domaines tels que la bionique, la bioassistance et l'architecture biomimétique. Certains auteurs y voient une voie nouvelle de développement soutenable et intégré dans la biosphère³ »



L'« avion-chauvesouris » de Clément Ader est un exemple d'engin bioinspiré.

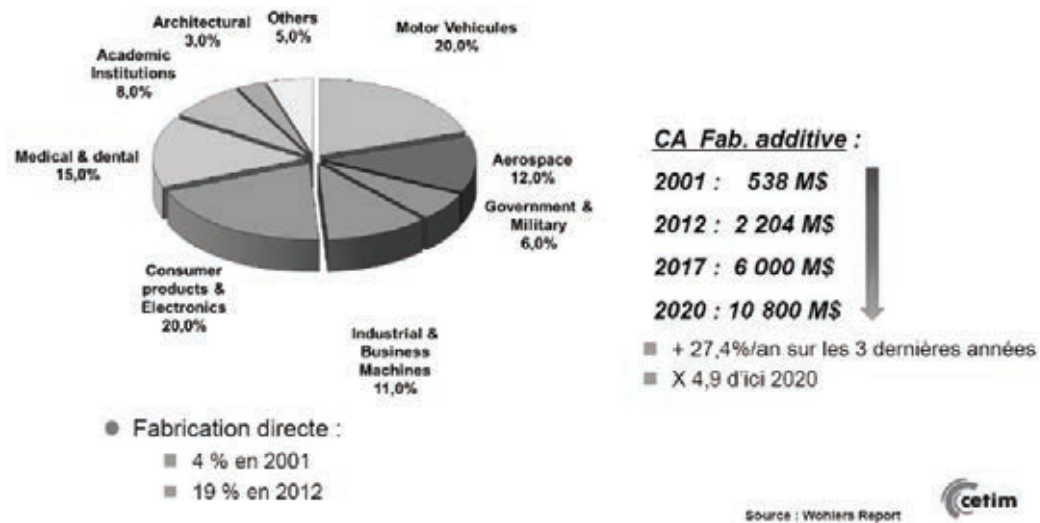
L'INDUSTRIE DU FUTUR (source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Industrie_4.0)

« Le concept d'industrie du futur correspond à une nouvelle façon d'organiser les moyens de production : l'objectif est la mise en place d'usines dites « intelligentes » (« smart factories ») capables d'une plus grande adaptabilité dans la production et d'une allocation plus efficace des ressources, ouvrant ainsi la voie à une nouvelle révolution industrielle. Ses bases technologiques sont l'Internet des objets et les systèmes cyber physiques. Le concept exprime l'idée que le monde se trouve aux prémices d'une quatrième révolution industrielle. Après le développement de la machine à vapeur et de la mécanisation à partir du XVIIIe siècle, puis de l'électricité à la fin du XIXe siècle et l'automatisation au XXe siècle, la nouvelle révolution serait fondée sur l'usine intelligente, caractérisée par une interconnexion des machines et des systèmes au sein des sites de production mais aussi entre eux et l'extérieur (clients, partenaires, autres sites de productions). Le concept a été mis en évidence pour la première fois lors la foire de Hanovre (Salon de la technologie industrielle) de 2011. [...] »

Agrégation de sciences industrielles de l'ingénieur		Session : 2018
Analyse et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique	Code :	Page 41 sur 45

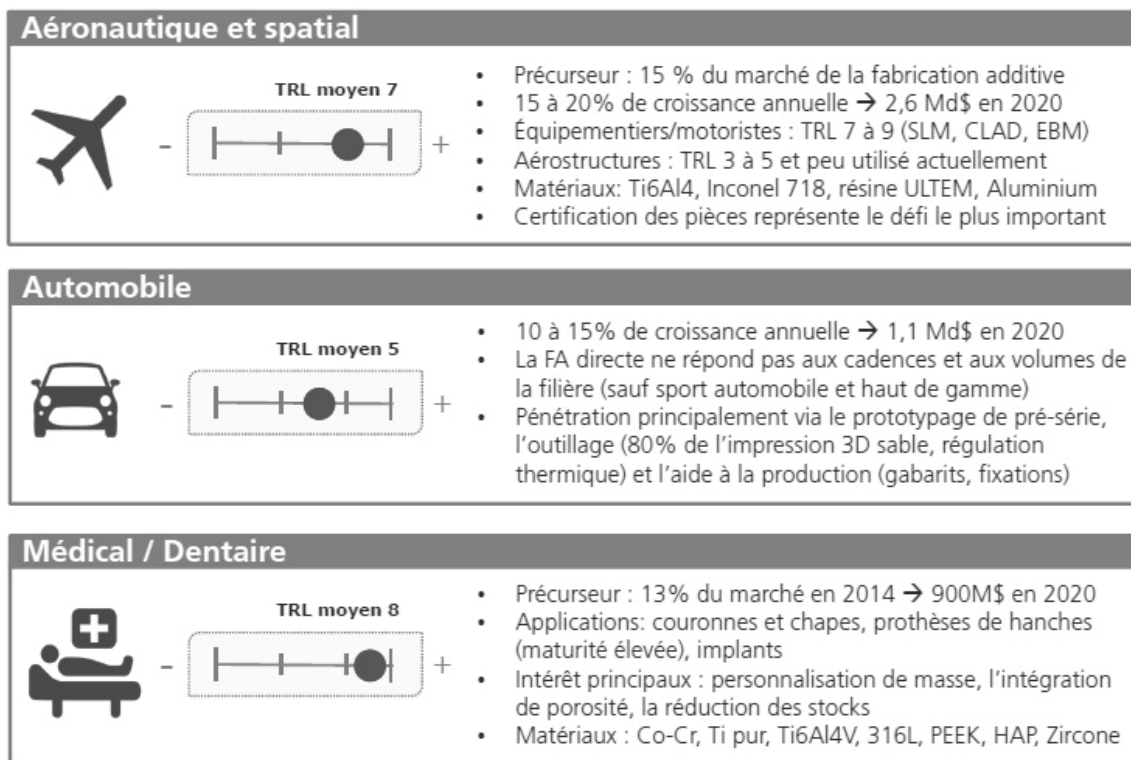
DP 8 – Ressources pour la séquence pédagogique

Parts de marché de la fabrication additive : évolutions et perspectives, étude CETIM



Extrait de l'étude prospective « Futur de la fabrication additive », restitution de l'étude – Benoit RIVOLLET – Tech2Market, Les Rendez-vous du Pipame – 26 Janvier 2017

Applications industrielles et maturité (1/3)




Les TRL forment une échelle d'évaluation du degré de maturité atteint par une technologie. Cette échelle comporte 9 niveaux.

Agrégation de sciences industrielles de l'ingénieur		Session : 2018
Analyse et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique	Code :	Page 42 sur 45


DP 8 – Ressources pour la séquence pédagogique

Applications industrielles et maturité (2/3)

Construction et architecture




TRL moyen 3




- Un segment secondaire : 3,2% du marché mondial
- Estimation de la pénétration de la fabrication additive
 - CT: Moules et peaux de coffrages en résine
 - MT: Eléments béton préfabriqués en usine (corniches)
 - LT: Construction d'habitat sur site
- Maitriser la paramétrie de production et livraison du béton

Energie




TRL moyen 6




- Energies renouvelables (éolien, PV): pièces souvent trop volumineuses (plusieurs mètres à dizaines de mètres)
- Nucléaire: besoin d'atteindre un niveau de qualification et de certification pour envisager la FA en application critique
- Gaz et pétrole: 3,9% du marché (systèmes fluidiques complexes : pompes, filtres...)
- Facteurs d'acceptation : formes complexes, économie de matériaux difficile à usiner, réparation, intégration de fonction
- Freins : manque de directives en matière de certification, faible recul sur la ductilité et comportement en fatigue, pièces de trop grandes dimensions pour la fabrication additive directe

Applications industrielles et maturité (3/3)

Emballage




TRL moyen 4




- Un segment jugé secondaire et au prototypage rapide (accélération des cycles de développement et de validation) et aux acteurs du luxe.
- Applications naissantes à l'image du procédé Pack&Strat® (fabrication directe et rapide d'emballage en mousse polymère ou en carton par découpe successive de plaques).
- Emballage alimentaire (bouteille, flacons) : fabrication additive directe en série peu adaptée, préférence nette pour le prototypage ou la production de moule en cire/résine pour résister aux cadences de production de bouteilles.

Fonderie – Moules – Outillage - Forge



TRL moyen 8



- La fabrication additive est particulière adaptée pour la réalisation d'outillage → un des marchés les plus matures.
- Fonderie: fonderie cire perdue (projection de matière), fonderie sable (frittage laser récent, projection de liant), fonderie par gravité (stratoconception très utilisée, EBM, SLM et DED en cours de développement).
- Plasturgie : thermoformage (peu exploité actuellement), injection soufflage (optimisation du refroidissement dans les moules aluminium), injection .
- Intérêt : régulation thermique, début des outillages polymères.

Les TRL forment une échelle d'évaluation du degré de maturité atteint par une technologie. Cette échelle comporte 9 niveaux.

Agrégation de sciences industrielles de l'ingénieur		Session : 2018
Analyse et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique	Code :	Page 43 sur 45

DP 8 – Ressources pour la séquence pédagogique

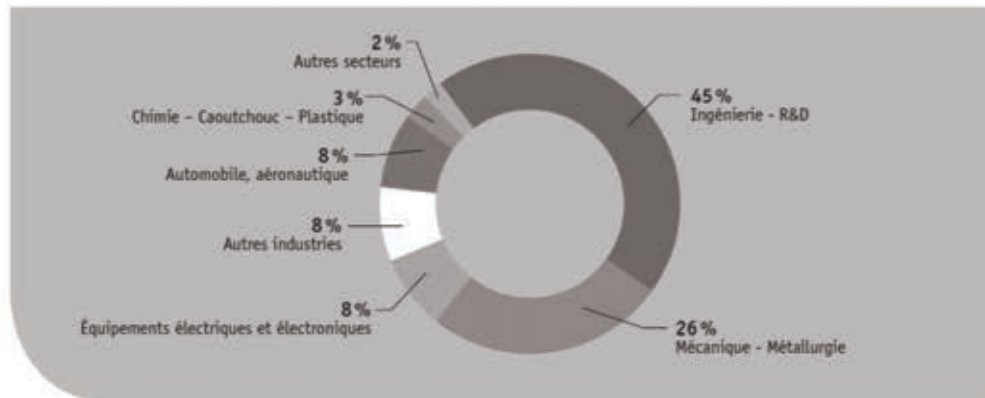
Extraits de l'étude de l'APEC, La fabrication additive, tendances métiers

Les 4 principales fonctionnalités de la fabrication additive



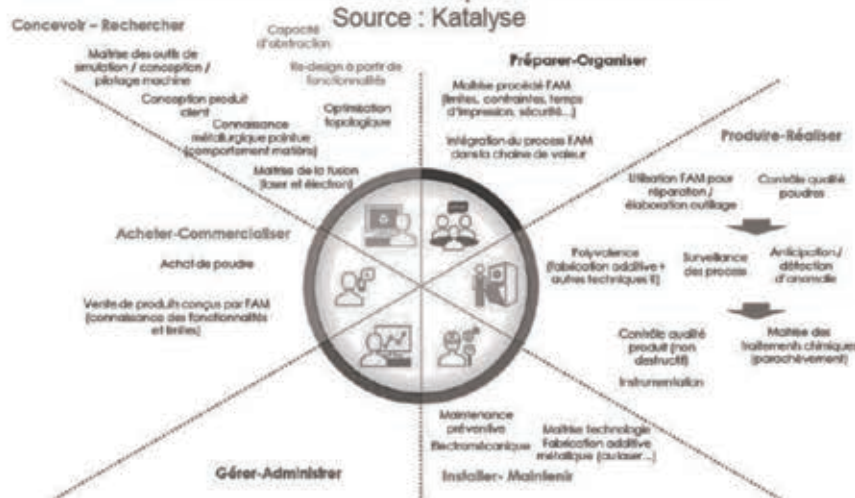
Source : Apec, 2017.

Qui recrute ? (% d'offres demandant des compétences en fabrication additive par secteur en 2015/2016)



Source : Offres Apec diffusées en 2015 et 2016 demandant des compétences en fabrication additive.

Impact de la fabrication additive métallique sur les compétences dans le secteur de l'élaboration des métaux et sa première transformation



Agrégation de sciences industrielles de l'ingénieur	Session : 2018
Analyse et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique	Code : Page 44 sur 45

DP 8 – Ressources pour la séquence pédagogique

• **Technologie SLM (Selective Laser Melting ou Fusion sélective par laser)** qui consiste à produire des pièces métalliques à l'aide de lasers de haute puissance, faisant fusionner progressivement et localement, c'est-à-dire de façon sélective, une poudre métallique. Elle permet de réaliser des pièces métalliques directes, très complexes, et sans outillage. Plusieurs matériaux métalliques peuvent être utilisés comme les aciers inoxydables, alliages de titane, d'aluminium.

Animateur de l'atelier : Hervé BONNEFOY



• **Technologie LMD (Laser Metal Deposition ou fusion laser par projection de poudre)** qui consiste à produire des pièces métalliques à l'aide de lasers de haute puissance à travers duquel est projeté de la poudre métallique ainsi mise en fusion. Cette technologie permet de réaliser des pièces métalliques ou de recharger des pièces ou outillages existants. Elle permet également de créer de nouveaux alliages en mélangeant plusieurs types de poudres.

Animateur de l'atelier : Thomas PACHEU

• **Technologie « Projection de liant sur du sable »** qui consiste à réaliser des moules ou des noyaux en sable utilisés pour réaliser des pièces de fonderie. Le sable déposé couche par couche est agrégé par une résine polymérisée. Cette technologie permet de réaliser des produits très complexes, alliant les possibilités géométriques offertes par la fabrication additive et les résistances mécaniques proposées par les pièces de fonderie (fonte, acier, aluminium, cuproalliage, ...).

Animateur de l'atelier : Nicolas PONSART



• **Technologie « Dépôt de microgouttelettes polymères »** qui assure la production de prototypes ou de petites séries de pièces par dépôt en goutte à goutte, sur couches successives, de matières thermoplastiques préalablement fondues. Elle permet la réalisation de pièces complexes avec support déliantable à l'eau avec une grande variété de thermoplastiques. Cette technologie confère de bonnes propriétés mécaniques.

Animatrices de l'atelier : Delphine AUZENE & Gaëlle DANGLA

• **Technologie MOVINGLight®** qui consiste à réaliser des pièces en résines photopolymérisables. Elle permet de réaliser des pièces en grande quantité, à vitesse élevée, de grande taille et à haut niveau de précision. Les résines utilisées confèrent aux pièces des résistances importantes à l'usure, la température, la réalisation d'outillage pour la plasturgie ou la fonderie.

Animateur de l'atelier : Brice FAYNOT



• **Optimisation topologique** qui permet d'adapter la géométrie des pièces et de bénéficier des avantages de la fabrication additive au maximum. Cette technique consiste à « supprimer » la matière superflue et à la localiser en fonction du cahier des charges fonctionnelles et en fonction des efforts. Cette méthodologie permet des gains considérables sur le poids des pièces et donc l'engagement matière.

Animateurs de l'atelier : Olivier DIEGERICK (MATERIALISE)

• **Technologie FDM (Fused Deposition Modeling ou Dépôt d'un fil fondu)** qui consiste à faire fondre un filament de thermoplastique (généralement un plastique type ABS ou PLA) à travers une buse (ou extrudeur) chauffée à une température variant entre 160 et 400 °C suivant la température de plasticité du polymère. Le fil en fusion, d'un diamètre de l'ordre du dixième de millimètre, est déposé sur le modèle et vient se coller par re-fusion sur la couche précédente.

Animatrice de l'atelier : Laurine RENAUX - FABMANAGER



Agrégation de sciences industrielles de l'ingénieur		Session : 2018
Analyse et exploitation pédagogique d'un système pluritechnique	Code :	Page 45 sur 45