

SESSION 2022

**AGRÉGATION
CONCOURS INTERNE
ET CAER**

Section : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR

Options : sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie mécanique,
sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie électrique,
sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie des
constructions.

**ANALYSE ET EXPLOITATION PÉDAGOGIQUE
D'UN SYSTÈME PLURITECHNOLOGIQUE**

Durée : 5 heures

Calculatrice autorisée selon les modalités de la circulaire du 17 juin 2021 publiée au BOEN du 29 juillet 2021.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Si vous repérez ce qui vous semble être une erreur d'énoncé, vous devez le signaler très lisiblement sur votre copie, en proposer la correction et poursuivre l'épreuve en conséquence. De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, vous devez la (ou les) mentionner explicitement.

NB : Conformément au principe d'anonymat, votre copie ne doit comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé consiste notamment en la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de la signer ou de l'identifier.

Tournez la page S.V.P.

A

INFORMATION AUX CANDIDATS

Vous trouverez ci-après les codes nécessaires vous permettant de compléter les rubriques figurant en en-tête de votre copie.

Ces codes doivent être reportés sur chacune des copies que vous remettrez.

► Concours interne de l'Agrégation de l'enseignement public :

Option : sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie mécanique

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EAI	1414A	101	7809

Option : Sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie électrique

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EAI	1415A	101	7809

Option : Sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie des constructions

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EAI	1416A	101	7809

► Concours interne de l'Agrégation de l'enseignement Privé :

Option : sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie mécanique

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EAH	1414A	101	7809

Option : Sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie électrique

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EAH	1415A	101	7809

Option : Sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie des constructions

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EAH	1416A	101	7809

SUJET :

Partie 1. Quelles technologies pour imprimer des pièces métalliques ?	5
Partie 2. Comment mettre en place une atmosphère contrôlée ?	5
Partie 3. Comment améliorer la récupération et le recyclage des poudres ?	10
Partie 4. Comment adapter la structure du module AddUp FlexCare System à l'utilisation d'imprimantes 3D à poudres métalliques ?	13
Partie 5. Quelle exploitation pédagogique du dossier ?	17

DOCUMENTS :

DOSSIER TECHNIQUE (DT1 à DT 17) - Documents relatifs au support de l'étude	18
DOSSIER PÉDAGOGIQUE (DP1 à DP5) - Documents spécifiques aux exploitations pédagogiques	35
DOSSIER RÉPONSES DR1 - Document à compléter et à rendre par le candidat	56

Le sujet comporte cinq parties dont les quatre premières, indépendantes, peuvent être traitées dans un ordre indifférent.

Les différentes parties seront traitées sur des copies séparées.

Toutes les réponses devront être détaillées sur la copie et les résultats encadrés ou soulignés.

Les unités des résultats seront précisées

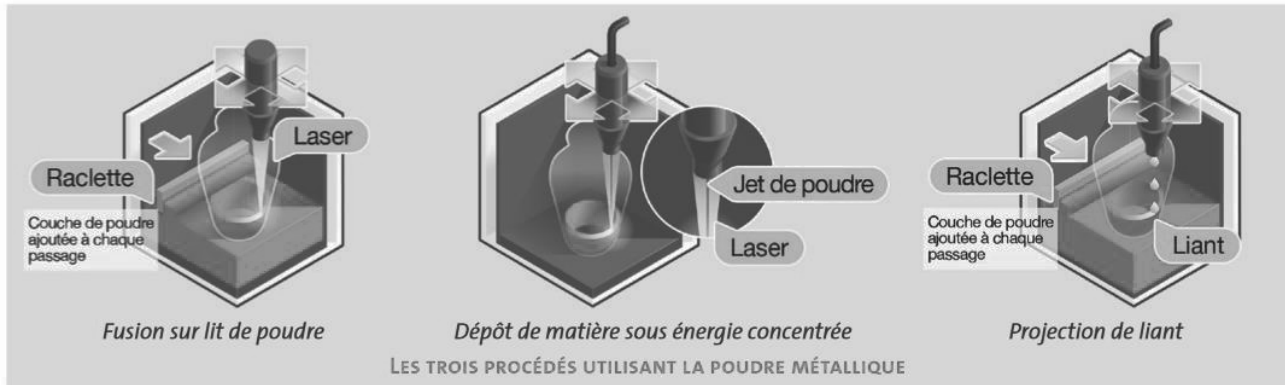
Tous les documents réponses, remplis ou non, sont à rendre avec les copies.

Mise en situation

La fabrication additive, communément appelée « impression 3D », consiste à obtenir des objets par addition de matière en couches successives. Initialement réservée au prototypage, cette technique se développe pour des fabrications industrielles sérielles, notamment dans les domaines de l'aéronautique, de l'automobile, de la médecine ou de l'architecture.

Concernant la fabrication de pièces métalliques, trois principaux procédés sont le plus souvent rencontrés.

Figure 1. Procédés de fabrication additive



Dans le premier procédé, il existe principalement trois technologies. « Le frittage sélectif par laser (Selective Laser Sintering – SLS) » consiste à « souder » entre elles (fritter) de fines particules (plastique, métal, céramique...) à l'aide d'un laser. Dès que l'imprimante 3D a déposé une fine couche de poudre dans son bac d'impression, le laser fritte les particules entre elles. Sur certaines machines, le laser peut également fusionner les fines particules pour donner des objets beaucoup plus résistants que par frittage. Il s'agit de la « Fusion sélective par laser (Selective Laser Melting – SLM) ». La troisième technologie, « Fusion par faisceau d'électrons (Electron Beam Melting – EBM) » est également basée sur le principe de fusion d'un lit de poudre métallique, mais cette fois par un faisceau d'électrons. Ce procédé a pour particularité d'être réalisé sous vide, ce qui limite les phénomènes d'oxydation et d'utiliser une enceinte chauffée, ce qui minimise les contraintes résiduelles dans le matériau.

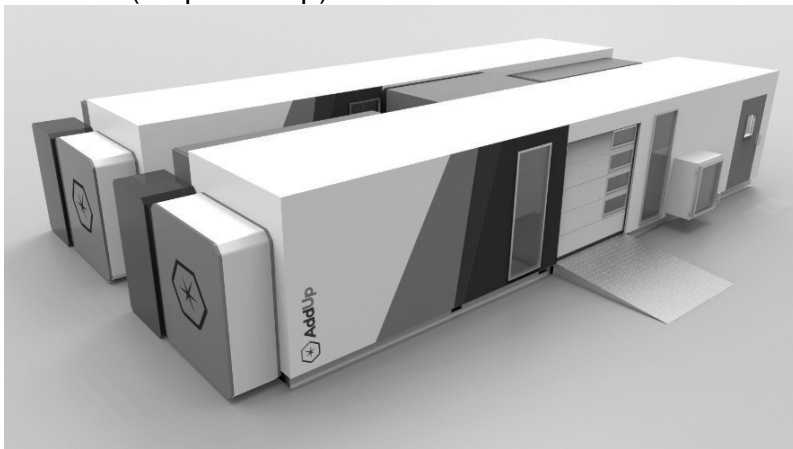
Pour les trois technologies, pour chaque nouvelle couche, le bac d'impression est déplacé légèrement vers le bas (d'une épaisseur de couche) et le procédé est répété jusqu'à finaliser l'objet qui se retrouve dans un bac de poudre réutilisable. La poudre peut donc servir de support lorsque la forme de la pièce le nécessite.

Le deuxième procédé, par dépôt de matière ou « Bound Metal Deposition (BDM) », est intéressant, car de faible coût et convient principalement au prototypage ou à l'impression de pièces uniques sur mesure. La pièce est construite couche par couche en extrudant le matériau à travers une buse. En fonction de la forme de la pièce, ce principe peut nécessiter la mise en place de supports. Après l'impression la pièce doit recevoir une opération d'élimination du liant et un frittage pour devenir entièrement métallique.

Le troisième procédé, « jet de liant métallique », est adapté aux petites et moyennes séries. Il s'agit de déposer un liant sur une fine couche de poudre au moyen de buses. Ce procédé, fonctionnant à température ambiante, élimine les effets thermiques. Comme pour le procédé BDM, un post-traitement est nécessaire pour créer une pièce entièrement métallique.

Identification des risques :

La fabrication additive utilisant des poudres métalliques présente des risques de deux ordres : le risque incendie selon le matériau utilisé dans le processus et notamment s'il est réactif avec l'oxygène, le risque pour la santé, dû à la taille des particules utilisées (10 μ à 100 μ).



Pour répondre à cette problématique, la société AddUp FlexCare System™ propose une solution à atmosphère contrôlée, flexible et facilement transportable, pour protéger les opérateurs et les bâtiments environnants des risques liés à l'utilisation industrielle des machines de fabrication additive métallique (cf. Diagramme d'exigences **DT1**).

Cette solution permet :

- le passage à la phase industrielle dans le respect des exigences et standards HSE ;
- le conteneur facilement transportable pour produire au plus proche du besoin ;
- la solution modulaire qui s'adapte au nombre de machines ;
- la protection compacte optimisée.

La cellule est prévue pour accueillir :

- la (les) machine(s) ;
- le tamiseur ;
- l'aspirateur inerté ;
- le chariot pour charger / décharger les plateaux des machines ;
- l'aspirateur humide ;
- le stockage des conteneurs de poudre neuve / recyclée.

L'étude est décomposée en 5 parties permettant de répondre à des problématiques techniques :

Partie 1 : quelles technologies utiliser pour imprimer des pièces métalliques ?

Partie 2 : comment mettre en place une atmosphère contrôlée ?

Partie 3 : comment améliorer la récupération et le recyclage des poudres ?

Partie 4 : comment adapter la structure du module AddUp FlexCare System™ à l'utilisation d'imprimantes 3D à poudres métalliques ?

Partie 5 : quelle exploitation pédagogique du dossier ?

Partie 1. Quelles technologies pour imprimer des pièces métalliques ?

Objectif : Cette partie a pour objectif d'identifier les caractéristiques de différents procédés d'impression 3D afin de pouvoir les comparer.

Question 1 : À partir des informations sur les procédés de fabrication additive métal, **identifier** quatre critères permettant de caractériser les différentes technologies et **proposer** un tableau permettant de comparer les différentes technologies.

Par rapport aux procédés plus classiques comme la Stéréo-lithographie (lumière UV pour solidifier une résine liquide) ou le dépôt de fil polymère, les trois procédés d'impression métal présentent un critère de risque non négligeable qu'il convient d'appréhender.

Question 2 : À partir du contexte technique présenté dans ce dossier et du contexte pédagogique présenté dans le document DP1, **proposer** avec une argumentation, une phase de lancement de séquence ainsi qu'une compétence pouvant être mobilisée dans ce cadre.

Partie 2. Comment mettre en place une atmosphère contrôlée ?

Objectif : Afin de respecter les normes de sécurité au sein du Flex-Care il est indispensable de respecter des consignes de dépression, de température et d'hygrométrie. Cette partie étudie la régulation de pression puis la climatisation afin de vérifier le respect des exigences du cahier des charges.

2.1 Régulation de la pression – requirement Pression Id 1.1.3

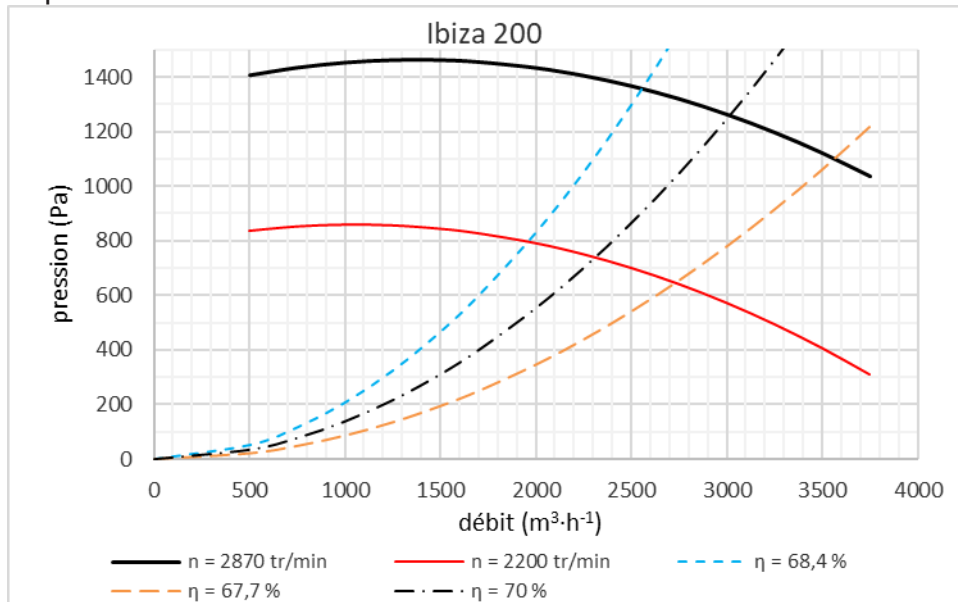
Pour assurer une dépression de 20 Pa dans la zone de travail, quel que soit le niveau de saturation du filtre à particules, il est nécessaire dans un premier temps de définir le débit d'extraction d'air du local, puis la fréquence de rotation du ventilateur d'extraction et enfin la fréquence d'alimentation du moteur asynchrone entraînant le ventilateur. Pour maintenir cette dépression à une valeur fixe, il est nécessaire d'étudier la structure de la régulation de pression, d'aborder la nature de l'information délivrée par le capteur utilisé et de conclure sur le comportement de cette régulation en fonction des paramètres de réglage.

Le débit d'entrée d'air Q_1 dans la zone de travail est régulé à une valeur égale à $1520 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. La variation de pression Δp , en Pa, due à la différence de débit ΔQ , en $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, entre Q_1 et le

débit d'extraction d'air Q_2 peut être approchée par l'expression suivante : $\Delta p = \left(\frac{\Delta Q}{0,85 \cdot S} \right)^2$, avec

$S = 40 \text{ m}^2$ la surface de la zone de travail. En tenant compte des fuites, $Q_2 = 1700 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Les caractéristiques du ventilateur d'extraction sont données ci-dessous :



Ce dernier doit assurer le débit d'extraction Q_2 d'air à travers un filtre à particules à très haute efficacité. La pression que doit exercer le ventilateur d'extraction varie de 250 Pa à 600 Pa, valeur qui augmente au fur et à mesure que le filtre se sature.

Le ventilateur en vitesse variable obéit au principe suivant :

- soit $X = n / n_0$ avec n la fréquence de rotation et $n_0 = 2870 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$;
- un point (Q_0, P_0) de la caractéristique du ventilateur à la fréquence n_0 devient un point $(X \cdot Q_0, X^2 \cdot P_0)$ à la fréquence de rotation $n = X \cdot n_0$;
- lorsque X varie, le point $(X \cdot Q_0, X^2 \cdot P_0)$ se déplace le long d'une parabole passant par l'origine d'équation $\beta \cdot Q^2$ ($\beta = P_0 / Q_0^2$) ;
- (Q_0, P_0) et $(X \cdot Q_0, X^2 \cdot P_0)$ ont le même rendement.

Question 3 : Justifier la valeur $n_2 = 1908 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$, avec n_2 la fréquence de rotation du ventilateur permettant d'assurer une pression de 600 Pa avec le débit d'extraction Q_2 .

La fréquence de rotation du ventilateur permettant d'assurer une pression de 250 Pa avec le débit d'extraction Q_2 sera retenue par la suite telle que : $n_1 = 1369 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$, le rendement est dans ce cas $\eta = 67,7 \%$.

Le ventilateur est entraîné par un moteur asynchrone triphasé.

Le modèle retenu pour chaque phase du moteur est le suivant :

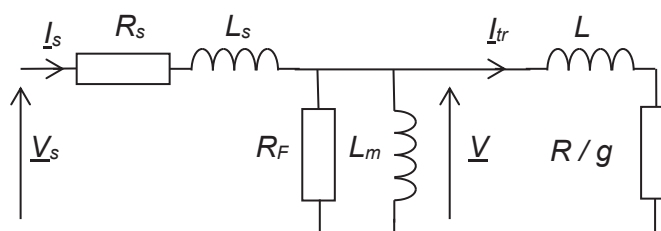


Figure 2. Modèle moteur asynchrone

Ce qui permet d'obtenir la relation suivante :
$$C_{em} = \frac{3p}{L} \cdot \left(\frac{V}{\omega}\right)^2 \cdot \frac{1}{\frac{R}{gL\omega} + \frac{gL\omega}{R}}$$

avec : p le nombre de paires de pôles, ω la pulsation de la tension d'alimentation et g le glissement.

Question 4 : Montrer que pour un glissement faible et pour un rapport $\frac{V}{f}$ constant ($f = \frac{\omega}{2\pi}$), l'expression du couple électromagnétique devient : $C_{em} = K \cdot (n_s - n)$, avec n_s la fréquence de rotation de synchronisme, n la fréquence de rotation du rotor et K une constante.

Les caractéristiques nominales du moteur asynchrone utilisé sont les suivantes : $P_{nom} = 2,2 \text{ kW}$, $n_{nom} = 2870 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$, $f_{nom} = 50 \text{ Hz}$, $V_{snom} = 230 \text{ V}$, nombre de paires de pôles $p=1$, fréquence de rotation de synchronisme nominal $n_{snom} = 3000 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$.

En négligeant les pertes mécaniques du moteur, le couple moteur $C_m = C_{em}$.

Question 5 : Déterminer le couple nominal C_{nom} puis, à partir de la relation $C_m = K \cdot (n_s - n)$, en déduire la valeur de K .

Question 6 : Après avoir déterminé le couple moteur nécessaire pour les deux valeurs de fréquence de rotation du ventilateur (n_1 et n_2), en déduire les deux fréquences de l'alimentation électrique correspondantes (f_1 et f_2).

Le débit d'entrée d'air est régulé en amont, l'action sur la pression dans le local s'effectue en agissant sur le débit d'extraction. Un capteur de pression mesure la différence entre la pression du local et la pression extérieure.

Question 7 : Compléter, en le recopiant sur votre copie, le schéma fonctionnel suivant de l'asservissement en précisant les éléments constitutifs de chacun des blocs et les variables entre les blocs.

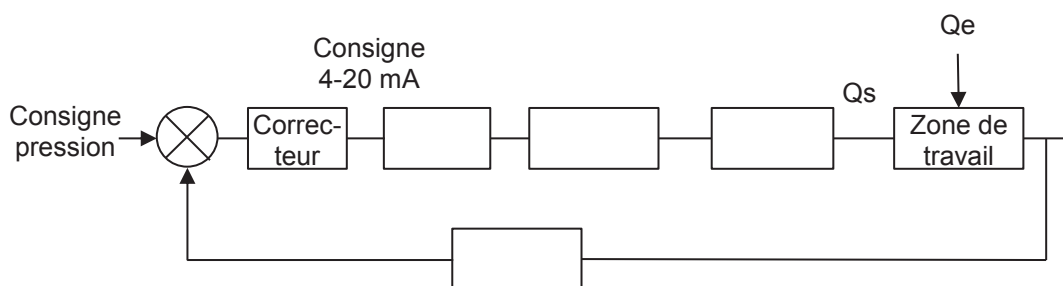


Figure 3. Schéma fonctionnel

La plage de mesure du capteur de pression s'étend de -50 Pa à $+50 \text{ Pa}$. Deux options de liaison du capteur à l'automate gérant l'asservissement en pression sont possibles : une liaison analogique 4-20 mA ou une liaison numérique sur le bus Modbus de l'équipement.

Question 8 : Dans le cas d'une liaison analogique 4-20 mA, déterminer l'intensité de la liaison analogique pour la pression de consigne de -20 Pa .

Dans le cas d'une liaison par bus, lors de la réponse du capteur à la requête de sa valeur de pression par l'automate, la trame Modbus comprend dans l'ordre l'adresse de l'esclave, la fonction de requête de lecture, la donnée de pression en Pa codée en réel sur 4 octets selon la norme IEEE754 (cf. **DT2**) avec dans l'ordre les octets 2, 1, 4 et 3, l'octet 4 étant celui de poids fort, et pour terminer les deux octets du CRC16.

Question 9 : Compléter la trame Modbus suivante correspondant à la réponse du capteur à la requête de sa valeur de pression par l'automate, quand celle-ci est égale à - 20 Pa : 0x02 0x03 0x04 0x98 0xDB

Un modèle multiphysique a été établi (cf. **DT3**).

Question 10 : Compléter la fonction suivante du bloc représentant l'ensemble variateur et moteur asynchrone :

fonction $n = fcn(f,C)$
 $P_{nom}=2200$
 $N_{nom}=2870$
 $N_{snom}=3000$
 $n_s=60 \cdot f$
 $C_{nom}=P_{nom}/...$
 $K=...$
 $n=...$

En fonction des paramètres du correcteur PID, différents comportements sont observés (cf. **DT4**).

Question 11 : Conclure en fonction des différents paramètres du correcteur sur le respect de la norme de sécurité concernant la pression du local.

Question 12 : Dans le contexte pédagogique précisé dans le document **DP1** et en s'inspirant du document **DP2**, proposer, sur votre copie, une fiche d'activité expérimentale s'appuyant sur les questions précédentes et permettant d'aborder un concept du champ de l'information (acquisition, traitement ou transmission).

2.2 Climatisation – requirement Température 1.1.2 et Humidité 1.1.4

Les parois du local sont composées de panneaux MW 12 OPTIMA (cf. **DT6**). Le sol est composé de panneaux bois doublés de laine de verre. Le module process et imprimante dégagent de la chaleur et nécessite la mise en place d'un système de refroidissement d'air.

Le local est donc équipé d'une pompe à chaleur Toshiba modèle RAV-SM2806 AT8-E. Le liquide réfrigérant est le R410A (cf. **DT5**).

Le local doit être maintenu à des conditions de température et d'humidité précisées dans le diagramme des exigences (cf. **DT1**).

Température de consigne du local	20°C +/- 2°C
Température air entrant	19°C - 28°C
Humidité de consigne du local	35% - 45%
Humidité air entrant	50% - 55%
Débit entrée air du local	1520 m ³ ·h ⁻¹
Débit sortie air du local	1700 m ³ ·h ⁻¹

Le local étant situé à l'intérieur d'un bâtiment, les apports solaires et les facteurs météorologiques sont négligés.

Les puissances dissipées par le processus et par l'occupation du local sont estimées à :

	Nombre	Puissance
Module process et imprimante	1	13 kW
Personnel	2	120 W
Divers	1	1 kW

Le renouvellement d'air hygiénique par personne doit être de $30 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

La masse volumique de l'air $\rho_{\text{air}} = 1,204 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ à $t = 20^\circ\text{C}$.

Question 13 : Déterminer les déperditions thermiques par les parois du local.

Question 14 : Déterminer les charges sensibles du local, de l'équipement et du personnel. Au regard de ces calculs quelle est la puissance minimale de la climatisation à mettre en place.

L'apport d'air neuf extérieur nécessite que le système de refroidissement régule l'humidité du local.

La charge hydrique d'un local est la somme de la charge hydrique d'air extérieur et des charges hydriques intérieures.

L'expression de la charge hydrique de l'air extérieur est :

$$M_{\text{ext}} = q_{\text{mint}} \cdot (W_{\text{ext}} - W_{\text{int}}) \text{ avec}$$

- M_{ext} = charge hydrique de l'air extérieur en $\text{g} \cdot \text{s}^{-1}$,
- q_{mint} = débit de l'air neuf en $\text{g} \cdot \text{s}^{-1}$,
- W_{ext} = teneur en eau de l'air extérieur,
- W_{int} = teneur en eau de l'air intérieur.

L'apport d'eau pour une personne à 20°C (production de vapeur d'eau en respiration et transpiration) est égale à $85 \text{ g} \cdot \text{h}^{-1}$.

Question 15 : Déterminer les charges hydriques du local, de l'équipement et du personnel.

La climatisation à mettre en œuvre doit être équipée d'une batterie froide dont la température à la sortie des tubes est égale à 9°C .

Question 16 : Déterminer la puissance de la batterie froide nécessaire. En déduire l'efficacité de cette batterie. Calculer la quantité d'eau enlevée par la batterie. Conclure quant au respect des consignes de températures et d'humidité.

Question 17 : Proposer des solutions à apporter au système. Conclure quant au choix retenu ici. Justifier l'argumentation.

Question 18 : Dans le contexte pédagogique précisé dans le document **DP1** et en s'inspirant du document **DP2**, proposer, sur votre copie, une fiche d'activité expérimentale s'appuyant sur les questions précédentes et permettant d'aborder un concept du champ de l'énergie (conversion, gestion ou transfert).

Partie 3. Comment améliorer la récupération et le recyclage des poudres ?

Objectif : Afin d'améliorer la récupération et le recyclage des poudres en fin de cycle, un nouveau tamiseur a été développé. Cette partie vérifie son efficacité pour un autre type de poudre.

Si l'un des principaux atouts de l'impression 3D par rapport aux techniques soustractives, réside dans sa capacité à utiliser juste la quantité de matière nécessaire et par conséquent générer moins de déchets, les économies réalisées sont plus discutables pour les procédés par fusion laser sur lit de poudre (*SLM : Selective Laser Melting* ou *LBM : Laser Beam Melting*). Le bac d'impression doit être en effet entièrement recouvert de poudre, avant que le laser ne puisse fusionner les particules pour former la première section de l'objet. Le restant de poudre est plus ou moins altéré selon le type de matériau et le processus utilisés.

Pour répondre à ce besoin clef que sont la récupération et le recyclage des poudres métalliques après la fin du cycle d'impression 3D, il est nécessaire d'avoir un système qui récupère et reconditionne les poudres métalliques usagées.

Cette fonction, dans le Flexcare, est réalisée par le système d'aspiration et de tamisage. Ce système (cf. **DT8**), développé pour Addup, (brevet EP2750808B1), va remplacer les tamiseurs mécaniques qui étaient jusque-là, utilisés. Des tests de tamisage ont été réalisés sur un prototype du tamiseur pour les poudres de la machine Formup 200 (cf. **DT9**).

La seconde machine installée dans le Flexcare est une imprimante 3D métallique de type *DED (Directed Energy Deposition)*, également connu sous le nom de LMD, c'est un processus de fabrication additive dans lequel l'énergie ciblée est utilisée pour fusionner des matériaux en les faisant fondre au moment de leur déposition. Les poudres utilisées par cette technologie ont des caractéristiques de granulométrie différentes de celles utilisées pour SLM.

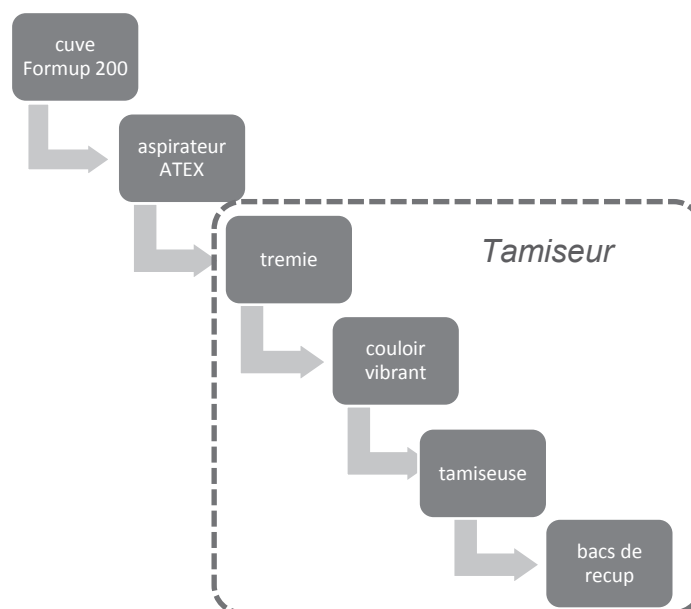


Figure 4. Principales étapes du recyclage de la poudre

3.1 Coulabilité dans la trémie, des poudres utilisées par le procédé DED :

La poudre est aspirée puis stockée dans la trémie. Lors du tamisage le clapet inférieur est ouvert et la poudre s'écoule sur le couloir vibrant. Il est nécessaire que cet écoulement soit continu. Une poudre peut s'écouler librement si la force de gravité l'emporte sur les forces responsables de la cohésion de la poudre, c'est-à-dire les forces dues aux différentes interactions.

Les interactions fréquemment rencontrées dans un milieu granulaire sont les forces de Van der Waals. Ces forces sont faibles, mais peuvent devenir non négligeables devant la force de gravité, pour des particules très fines.

$$F_{VdW} = \frac{A \cdot d_p}{24 \cdot a^2}$$

Avec : A constante de Hamaker (caractéristique du matériau ordre de grandeur : 21×10^{-20} J),
a : distance entre les particules (prendre 0,4 nm pour les calculs),
 d_p diamètre de la particule.

Question 19 : Les poudres utilisées en DED sont-elles cohésives : définir le diamètre qui permet d'assurer que les forces de Van der Waals sont négligeables devant la force de gravité (particules sphériques, cf. DT9). Conclure.

Le frottement entre grains d'un tas de poudre, implique, au repos, une disposition en talus. Coulomb associe ce comportement collectif à de la friction solide.

θ est appelé angle de repos, ou angle de talus.

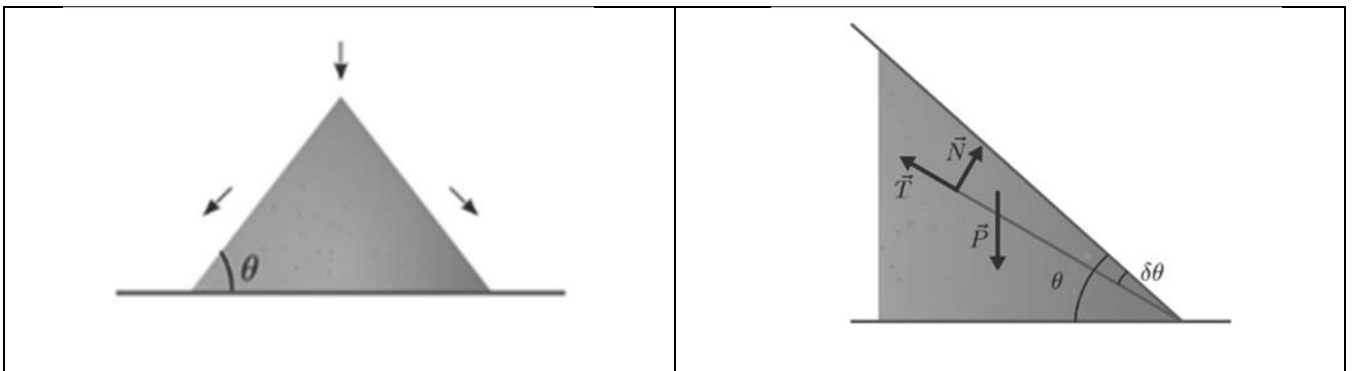


Figure 5. Modélisation statique d'un tas de poudre

Question 20 : Écrire l'équilibre de la couche superficielle de sable de poids P, d'angle $\delta\theta$.

Question 21 : $\mu = 0,5$ étant le coefficient de friction et Φ l'angle de friction, en déduire la condition de coulabilité de la poudre (loi de frottement solide).

Question 22 : Préciser la conséquence de la condition de coulabilité sur la géométrie conique de la trémie.

Il existe également, des frottements entre les grains et la paroi de la trémie. L'effet de ces frottements est transmis à travers la masse de particules, ce qui tend à compenser le poids de poudre et donc à réduire la pression exercée par les particules sur le fond de la trémie. Dans les cas extrêmes, cette force conduit à la formation d'une voûte, au point que le matériau granulaire ne s'écoule plus.

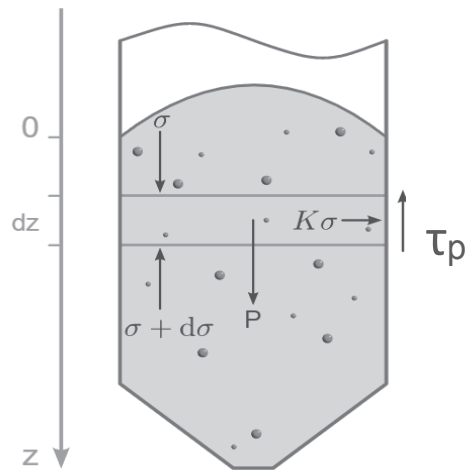


Figure 6. Modélisation de l'équilibre vertical dans la trémie

Question 23 : Écrire l'équation différentielle de l'équilibre vertical d'une tranche d'épaisseur dz de poudre stockée de poids P dans un silo de diamètre D , qui lie σ , $d\sigma$, dz et des constantes.

Hypothèses :

Les contraintes radiales sont proportionnelles aux contraintes verticales : $\sigma_r = K \cdot \sigma$, où K est appelée constante de Janssen (0,35 à 0,6) qui dépend de la nature des grains.

Le matériau frotte sur les parois latérales et se trouve au seuil de glissement :

$\tau_p = \mu_s \cdot K \cdot \sigma$ ou μ_s est le coefficient de frottement statique entre le milieu granulaire et la paroi.

Données : $D = 400 \text{ mm}$; $K = 0,45$; $\mu_s = 0,5$

Question 24 : Résoudre l'équation pour déterminer la contrainte σ en fonction de z . En déduire la valeur de la hauteur caractéristique de stockage à partir de laquelle la contrainte en bas de silo est à saturation.

Question 25 : En tenant compte des dimensions approximatives (cf. DT8) et de la forme de la trémie, préciser s'il y a un risque de création de voute. Proposer des solutions pouvant être apportées au tamiseur pour assurer l'écoulement de la poudre dans la trémie :

La solution retenue est de créer un mouvement de la masse qui va accroître l'espace entre les grains et faciliter l'écoulement.

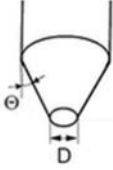
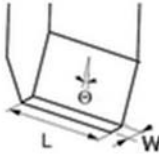
Question 26 : Proposer une démarche pour faire le choix du moto vibreur (cf. DT10-DT11).

3.2 Calcul du débit d'écoulement en fond de trémie :

Hypothèses : les vibrations de la trémie vont permettre l'écoulement de la poudre. On considère le débit constant au cours du temps, si l'écoulement est global.

Données : diamètre ouverture trémie = 30 mm et angle θ trémie 35°

Question 27 : En utilisant la notice de calcul ci-dessous, calculer le débit massique d'écoulement.

	
$m = \rho \frac{\pi D^2}{8} \sqrt{\frac{D \cdot g}{\tan \theta}}$	$m = \rho W L \sqrt{\frac{W \cdot g}{2 \tan \theta}}$
<p style="text-align: center;"> m : débit massique (kg /sec) D : diamètre de l'ouverture d'une trémie conique (m) L,W : longueur, largeur de l'ouverture d'une trémie en coin (m) ρ : masse volumique apparente du matériau (kg.m⁻³) θ : angle que forme la paroi de la trémie avec la verticale g : accélération de pesanteur (9,81 m.s⁻²) </p>	

Question 28 : Comparer ce résultat au débit en sortie de tamiseur lors de la phase de tests. Préciser comment peut-on adapter le débit en sortie de trémie afin de le synchroniser avec celui du tapis vibrant et du tamiseur ultrasons ?

Question 29 : Bilan : annoter sur le document réponse **DR1** toutes les modifications techniques à apporter au prototype au niveau de la trémie.

Question 30 : Schématiser une solution de réglage de la distance sortie de trémie fond du couloir.

Partie 4. Comment adapter la structure du module AddUp FlexCare System à l'utilisation d'imprimantes 3D à poudres métalliques ?

Objectif : L'objectif de cette étude est de vérifier que la mise en place d'imprimantes 3D dans le container ne provoque pas de déformation de la structure impliquant une perte d'étanchéité, problématique pour la sécurité.

La société Addup a fait le choix de containers pour créer un environnement contrôlé autour des imprimantes 3D. Elle a dû les adapter pour répondre aux besoins, notamment pour l'installation permanente de charges lourdes, induisant de fait une requalification du plancher. En effet, la déformation du plancher et des traverses le soutenant peut occasionner des déplacements des parois et une perte d'étanchéité.

L'élément porteur du container est sa structure en acier composée de poutres longitudinales et transversales et de montants d'angle en acier CORTEN® "A" SPA B480. Cette structure suffit à elle seule à garantir la stabilité et la portance du container, le reste, à savoir la toiture, les portes, les parois, etc. n'est qu'habillage selon le type d'aménagement souhaité (dry, reefer, citerne...).

Le cahier des charges de Addup indique que la cellule, constituée de 2 containers accolés (cf. **DT12**) sera installée à l'intérieur d'un bâtiment et ne sera donc pas soumise aux intempéries (vent, neige, pluie, ensoleillement ...)

Les charges à prendre en compte sont :

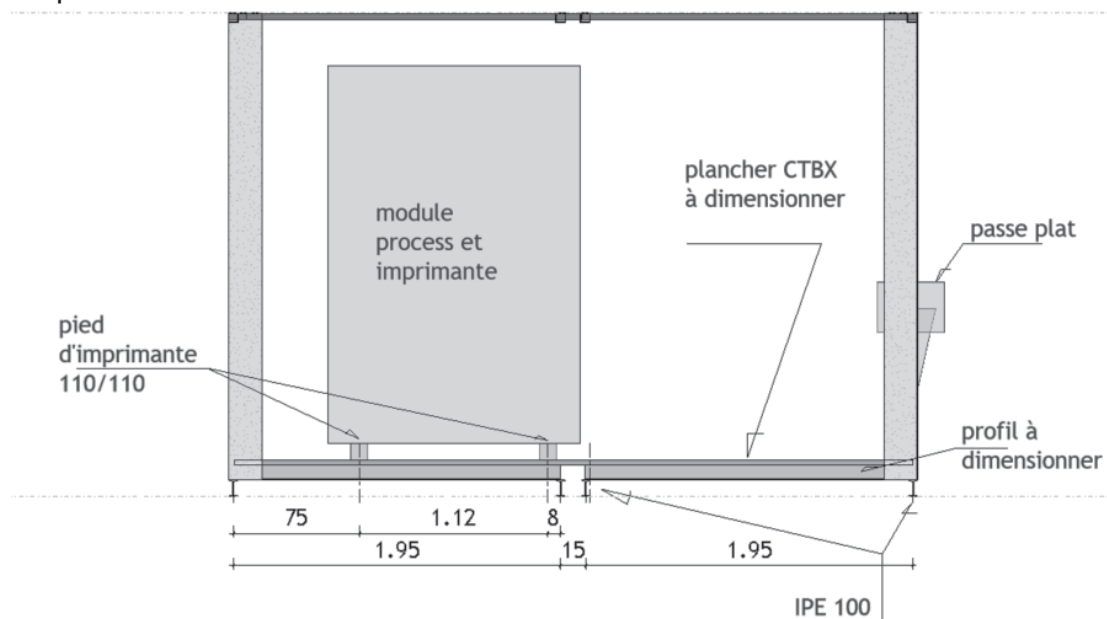
- le poids propre des containers ;
- le module « process », comprenant la machine ;
- les charges d'exploitation.

On note que l'acier CORTEN®, matériau structurel principalement utilisé, a une limite élastique de $3,5 \times 10^8$ Pa.

4.1 Déformation du plancher – requirement – Etanchéité Id 1.1.6

La structure du container doit être aménagée de sorte à pouvoir poser un plancher bois CTBX. Celui-ci sera simplement posé sur des traverses soudées sur les IPE 100 (cf. **DT12**). Il sera recouvert par un revêtement de sol de la marque Tarkett IQ Toro 5c, classé U4P3E2/3C2.

L'étude porte sur le plancher des 2 containers accolés, dont l'un sert de plateforme au module process et imprimante.



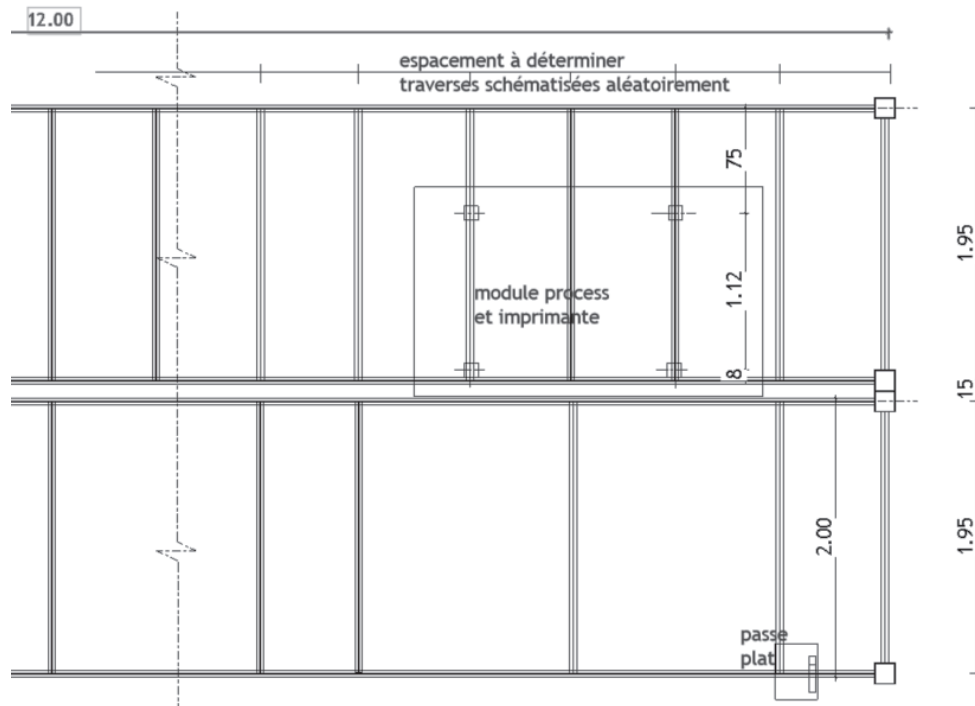


Figure 8. Vue de dessus (partielle) du container

Les hypothèses des charges retenues sont :

charges	valeur	unité
Charges d'exploitations	2,50	$kN \cdot m^{-2}$
Poids du plancher	0,90	$kN \cdot m^{-2}$
Module process et imprimante sur 4 pieds	2300	kg

Le CTBX mis en place est d'une épaisseur de 25 mm (cf. **DT13**).

Dans un premier temps, on retient comme hypothèse que le CTBX repose uniquement sur les traverses indéformables et qu'il n'y a pas de continuité mécanique du panneau entre les 2 containers.

Question 31 : À l'aide du document **DT16**, déterminer en détaillant la démarche (hypothèses, modèle, méthode, etc.), l'espacement des traverses du container non chargé permettant de respecter le critère de flèche maxi.

Le module process et imprimante repose sur une structure à 4 pieds réglables en hauteur, mais également en translation horizontale. Cette particularité permet d'imposer un modèle mécanique calculatoire où :

- les 4 pieds sont obligatoirement situés au droit des axes de deux traverses (cf. figure 8) ;
- l'ensemble des charges s'applique : le poids propre du plancher, les charges d'exploitation et le poids du module process et imprimante ;
- l'axe \vec{x} du repère global sera pris comme l'axe de la longueur de la traverse ;
- pour des raisons de simplifications géométriques et schématiques du modèle mécanique, l'extrémité des flèches représentatives des vecteurs peut être confondue avec les points d'application des efforts représentés ;
- on prendra $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

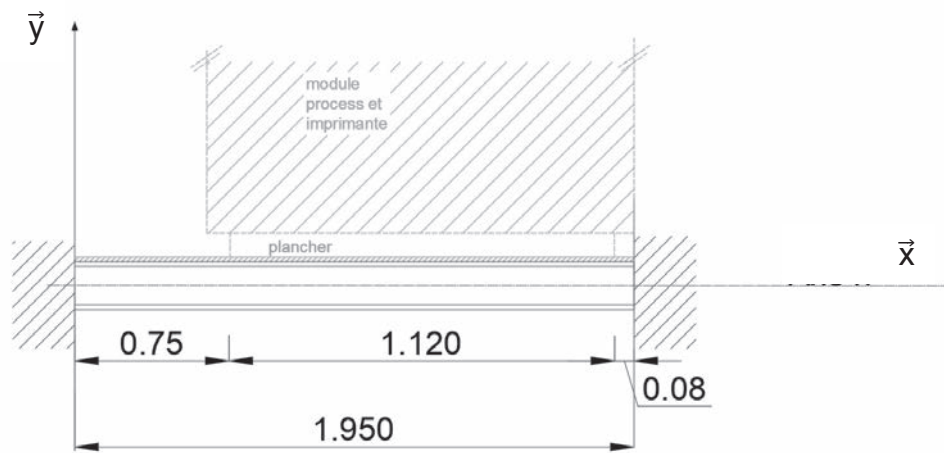


Figure 9. Modèle de traverse

Question 32 : À l'aide des documents **DT16** et **DT17**, proposer en justifiant la démarche, une section de traverse qui permet de respecter la flèche admissible du projet.

Question 33 : Dans le contexte pédagogique précisé dans le document **DP1** et en s'inspirant du document **DP2**, proposer, sur votre copie, une fiche d'activité expérimentale s'appuyant sur les questions de la partie 3 et permettant d'aborder un concept du champ de la matière (résistance, équilibre ou mouvement).

Partie 5. Quelle exploitation pédagogique du dossier ?

Objectif : Dans cette partie, il s'agit de réinvestir l'étude scientifique et technologique du flexCare à des fins pédagogiques dans un contexte donné.

5.1 Contexte sociétal

Le contexte utilisé pour cette exploitation pédagogique est celui présenté dans la partie mise en situation de ce dossier.

5.2 Contexte pédagogique

Le contexte et l'organisation pédagogique sont décrits dans le document **DP1**.

La séquence pédagogique à développer tiendra compte des données suivantes :

Durée de la séquence : 3 semaines

Position dans la progression pédagogique : 11^e séquence

Thème de la séquence : Préserver la santé.

Support déclenchant : Container FlexCare

Thème de séquence	Problématiques proposées	STI2D		
	Nombre de séquences où la compétence est travaillée			
1) Réduire l'impact environnemental	P1_2 : Comment éco-concevoir un produit de la vie courante ?			S1
	P2_1 : Comment faciliter la mobilité ?			S2
2) Assister l'homme	P2_2 : Comment sécuriser un habitat grâce à la vidéo-surveillance ?			S8
	P2_3 : Comment fonctionnent les objets du quotidien qui nous facilitent la vie ?			S12
	P2_4 : Comment les robots humanoïdes peuvent-ils assister au mieux les personnes dans leur vie quotidienne ?			S14
3) Préserver la santé	P3_1 : Comment les objets connectés peuvent-ils nous aider à prendre soin de notre santé ?			S5
	P3_2 :			S11
4) Concevoir l'habitat de demain	P4_2 : Comment les nouvelles technologies peuvent-elles améliorer l'habitat ?			S13
5) Améliorer l'efficacité énergétique d'un produit	P5_1 : Comment rendre un bus autonome en centre ville ?			S3
	P5_2 : Comment optimiser le confort climatique de combles aménagés ?			S7
	P6_1 : Comment gérer les flux de matière, d'énergie et d'information dans une smart city ?			S9
6) Gérer la ville du futur (Smart city)	P6_2 : Comment éclairer une rue de façon autonome tout en respectant l'environnement ?			S10
	P6_6 : Comment faciliter l'évacuation des déchets ?			S4
7) Construire les ouvrages de demain	P7_1 : Comment prévenir les défaillances d'un ouvrage ?			S15
	P7_2 : Comment coordonner les travaux sur un chantier ?			S6

Question 34 : En s'inspirant du document **DP3** et à l'aide des documents **DP4** et **DP5**, proposer sur feuille de copie, une fiche de séquence pédagogique prenant en compte le contexte sociétal et pédagogique défini, ainsi que les activités expérimentales des parties précédentes. Un seul des quatre enseignements spécifiques sera développé. Justifier les choix. La cohérence globale de la séquence, notamment entre les enseignements commun et spécifiques, sera observée.

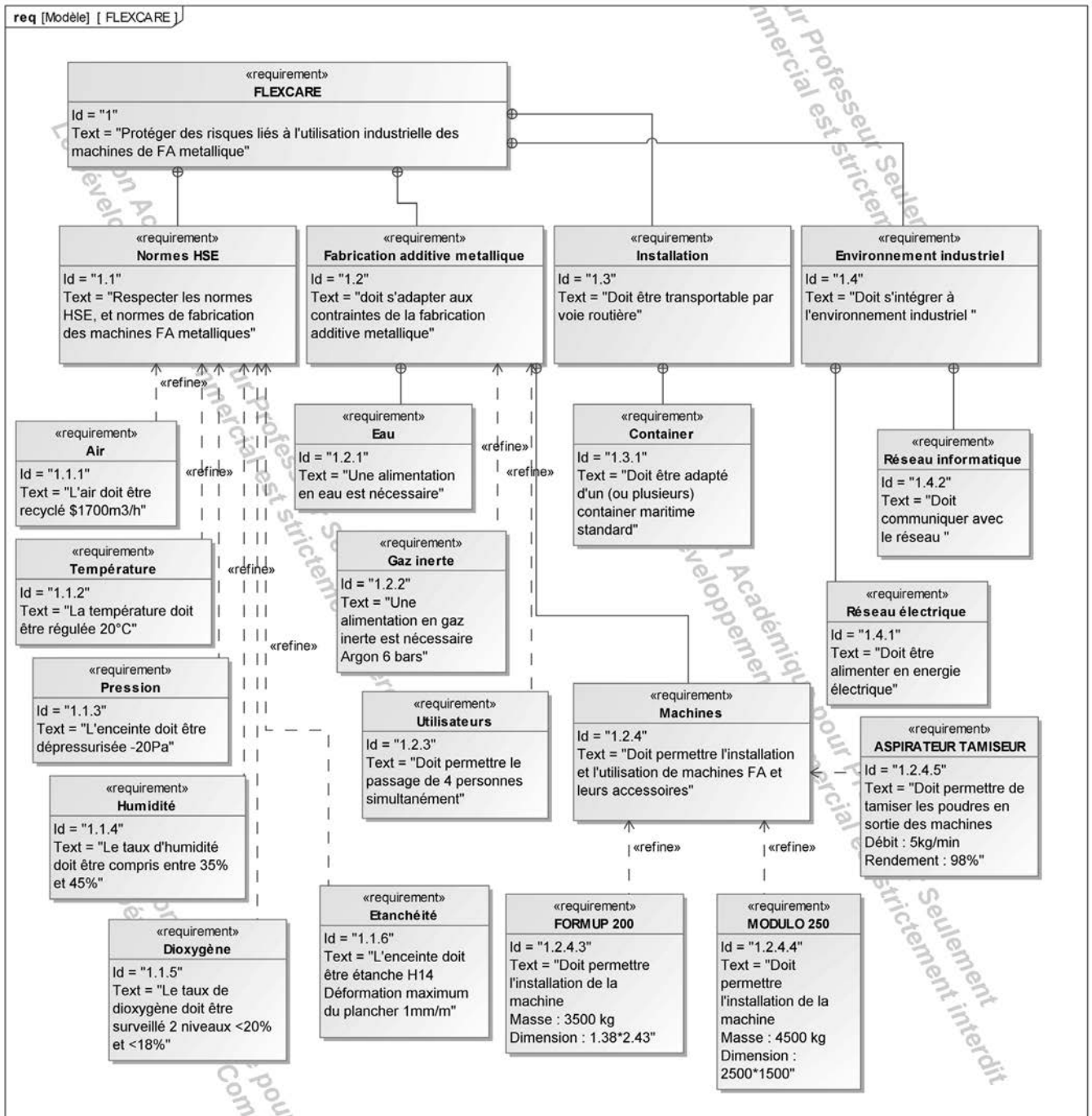
Question 35 : Proposer une organisation des séances sur les 3 semaines.

Question 36 : Pour un enseignement spécifique de votre choix, décrire une activité pratique s'intégrant dans la séquence pédagogique précédente en mettant en évidence les activités des élèves.

DOSSIER TECHNIQUE (DT1 à DT 17) - Documents relatifs au support de l'étude

DT1	Diagramme d'exigences
DT2	Encodage sur 4 octets selon la norme IEEE754
DT3	Modèle multi physique
DT4	Relevés issus du modèle multi physique
DT5	PAC Toshiba
DT6	Caractéristiques des parois
DT7	Diagramme de l'air humide
DT8	Prototype tamiseur (avec annotations Addup)
DT9	Fiche matière poudre Maraging
DT10	Zones ATEX
DT11	Choix du moto vibreur
DT12	Plans de la cellule
DT13	Caractéristiques des panneaux CTBX
DT14	Valeurs k_{mod} et γ_M
DT15	Formulaire RDM
DT16	Réactions d'appuis, moments fléchissant et angles de rotation de poutre
DT17	Sections de profils en acier

DT 1 – Diagramme d'exigences



DT2 – Encodage sur 4 octets selon la norme IEEE754

Un réel x est encodé sous la forme $x = s.m.2^e$

- s représente le signe : 0 pour positif, 1 pour négatif ;
- e représente l'exposant entier relatif codé $e+127$, sur 8 bits, $-126 \leq e \leq +127$;
- m représente la mantisse codée sur 24 bits : $1 \leq m < 2$.

La mantisse est de la forme $m = 1,.....$: le 1 n'est pas conservé et 23 bits sont utilisés pour le codage de m .




Exemple pour $x = 125,75$:

- $x = 64 + 32 + 16 + 8 + 4 + 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} = 2^6 + 2^5 + 2^4 + 2^3 + 2^2 + 2^0 + 2^{-1} + 2^{-2}$

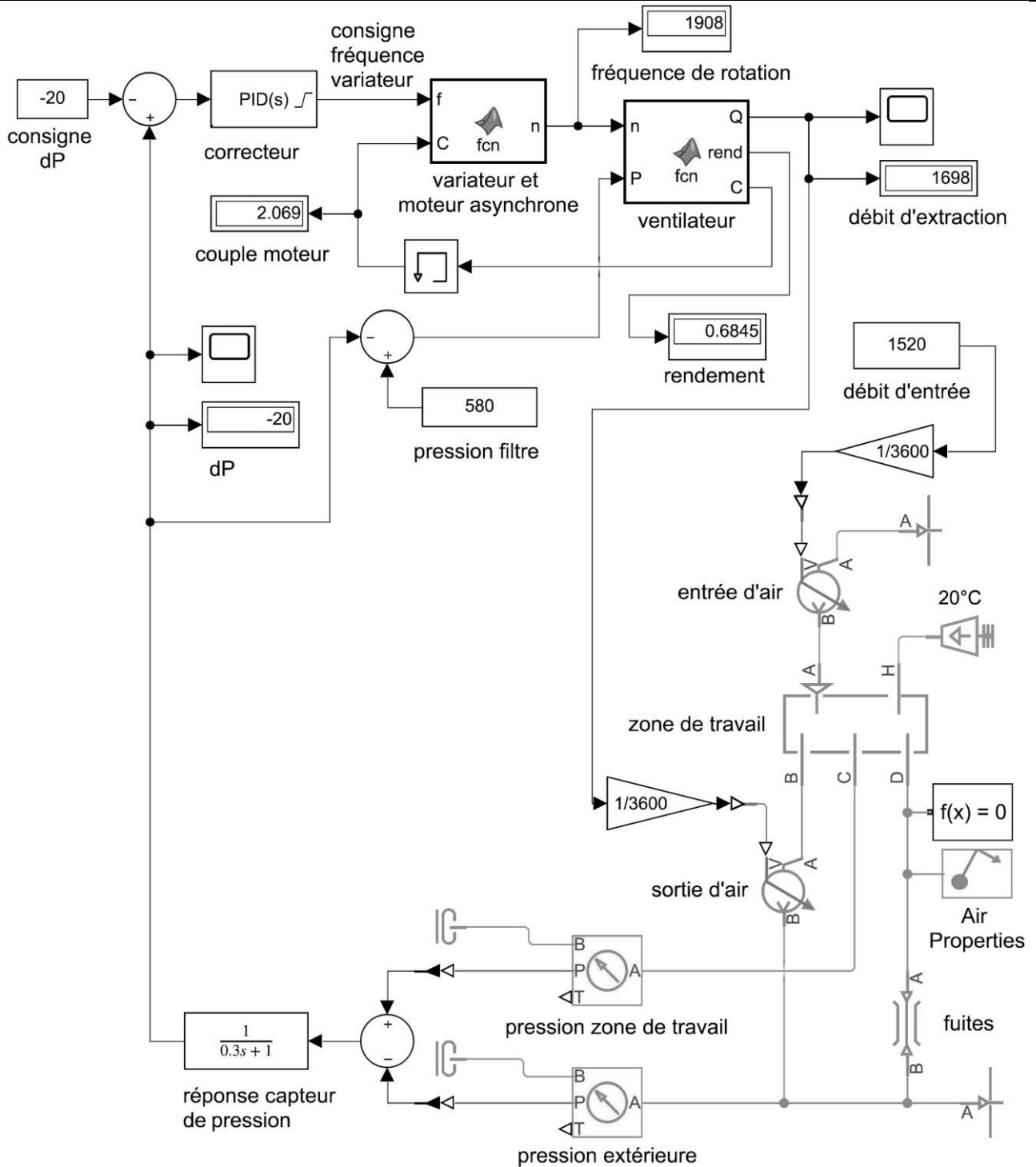
soit en binaire $x_B = 1111101,11 = 1,11110111.2^6$

- le signe est positif : 0
- la mantisse est $1,11110111$, mais sera représentée $11110111\dots$, sans le préfixe 1
- l'exposant est 6, ce qui donne $127+6 = 133 = 128+4+1$, soit en binaire 1000101

Donc $125,75$ est représenté par :

0	1000101	111101110000000000000000
		
signe	exposant	mantisse

DT3 – Modèle multiphysique



La courbe $P(Q)$ du ventilateur a été approximée par un polynôme $P_{n0} = \sum_{i=0}^n a_i Q^i$. Cette courbe

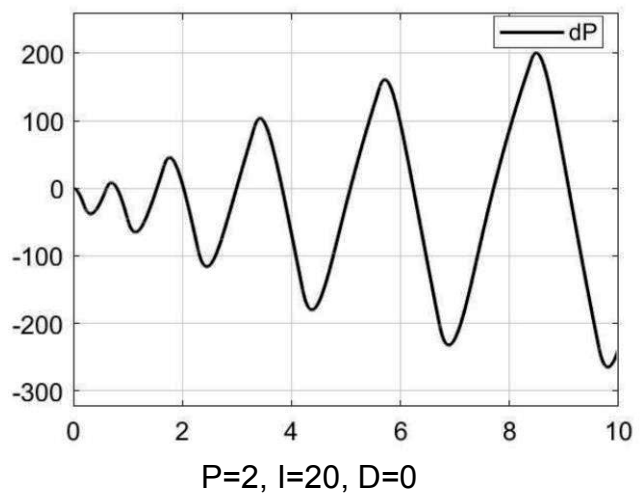
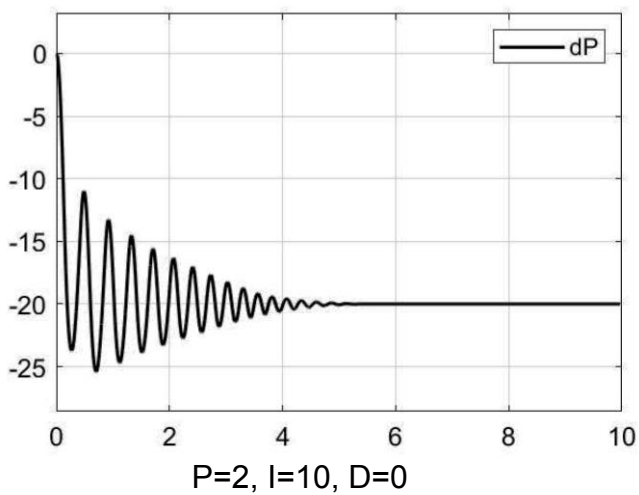
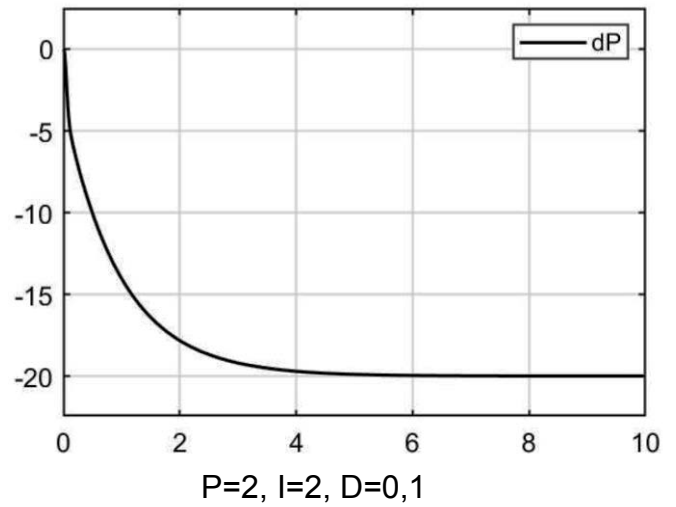
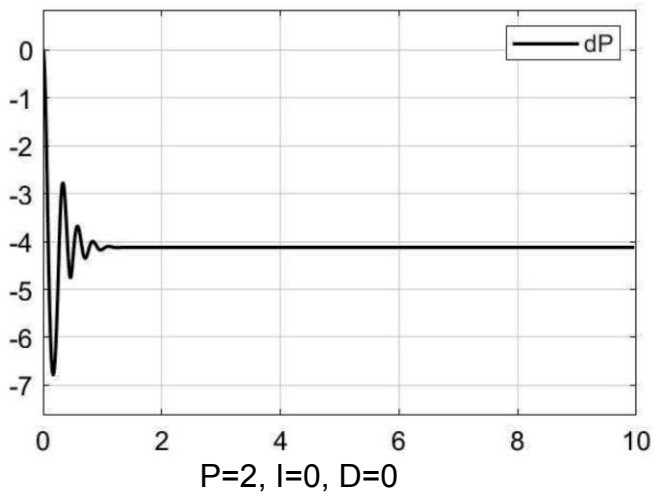
devient à vitesse variable n : $P_n = \sum_{i=0}^n a_i Q^i x^{n-i}$ avec $x = \frac{n}{n_0}$ et $n_0 = 2870 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$.

Le rendement est approximé par $\eta = \frac{-\eta_{max}}{Q_{\eta_{max}}^2} \left(\frac{Q}{x} - Q_{\eta_{max}} \right)^2 + \eta_{max}$ avec η_{max} le rendement maximal correspondant au débit $Q_{\eta_{max}}$.

DT4 – Relevés issus du modèle multiphysique

Relevés pour différents paramètres P,I,D du régulateur, pour une consigne de -20 Pa :

- abscisse temps en s
- ordonnée dP en Pa



DT 5 – PAC Toshiba

SYSTÈME SM_DT + SM_AT TRIPHASÉ




		Big DI Série 4		Données préliminaires Big DI Série 6	
		RAV-SM2244AT8-E RAV-SM2244DTP-E	RAV-SM2804AT8-E RAV-SM2804DTP-E	RAV-SM2246AT8-E RAV-SM2244DTP-E	RAV-SM2806AT8-E RAV-SM2804DTP-E
Unité extérieure					
Unité intérieure					
Puissance froid	kW	20,0	23,7	19,0	22,5
Plage de puissance froid (min-max)	kW	9,8 - 22,4	9,8 - 27,0	4,6 - 22,4	4,6 - 27,0
Puissance absorbée (min-nom-max)	kW Froid	2,63 - 6,29 - 7,60	2,68 - 8,75 - 12,20	5,86	7,98
Pdesignc	kW Froid	-	-	-	-
EER	W/W	3,18	2,71	3,24	2,82
SEER		-	-	-	-
Label énergétique	Froid	B	D	A	C
Consommation annuelle	kWh/an Froid	-	-	-	-
Puissance chaud à +7°C	kW	22,4	27,0	22,4	27,0
Puissance chaud à -7°C (nom/max)	kW	13,75/15,35	16,58/19,34	-	-
Plage de puissance chaud (min-max)	kW	9,8 - 25	9,8 - 31,5	4,6 - 25,0	4,6 - 31,5
Puissance absorbée (min-nom-max)	kW Chaud	2,32 - 5,91 - 7,02	2,55 - 7,20 - 9,32	5,89	7,78
Pdesignh	kW Chaud	-	-	-	-
COP à +7°C	W/W	3,79	3,75	3,80	3,47
COP à -7°C	W/W	2,89	2,85	-	-
SCOP		-	-	-	-
Label énergétique	Chaud	A	A	A	B
Consommation annuelle	kWh/an Chaud	-	-	-	-

DT6- Caractéristiques des parois

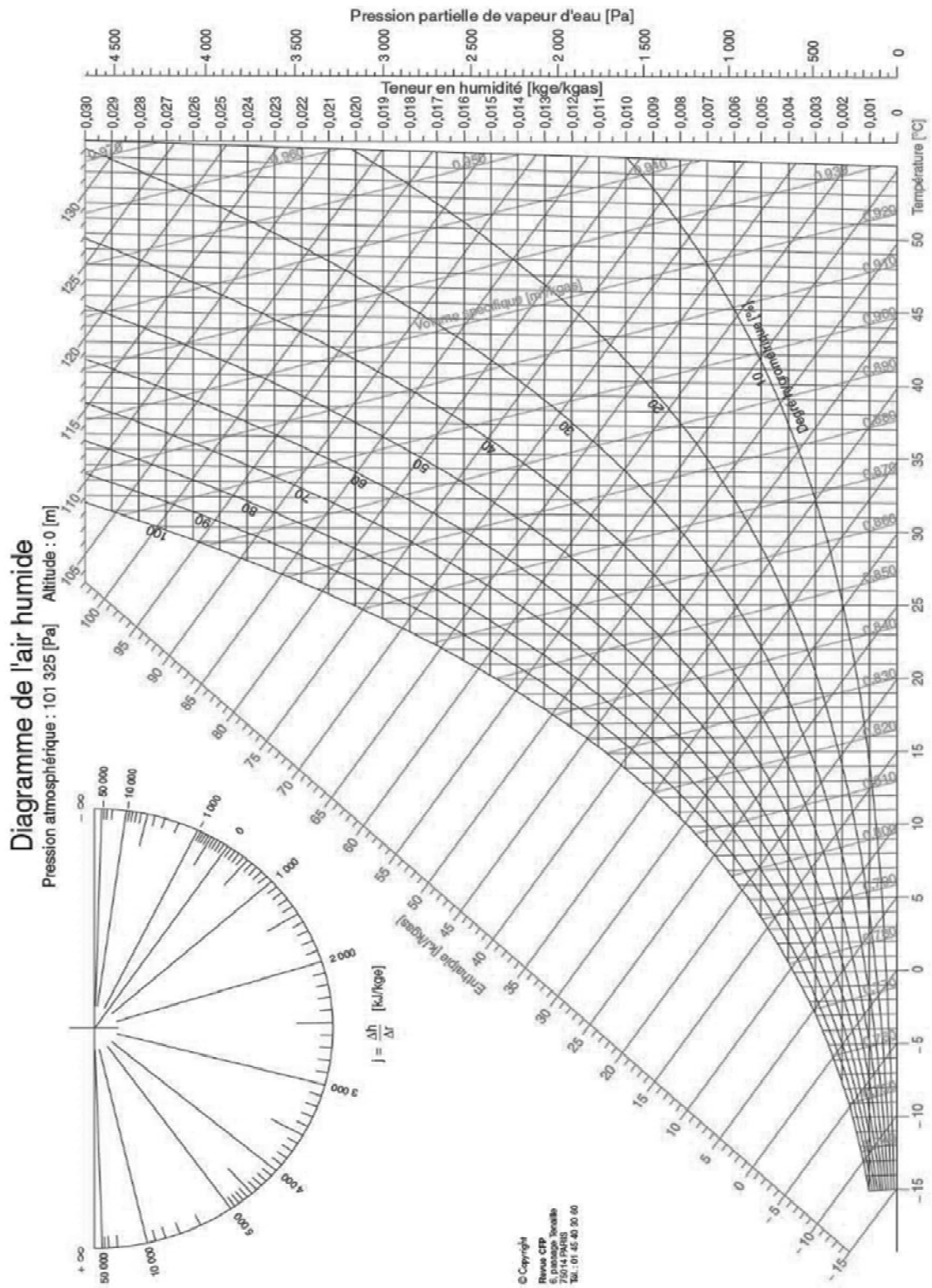
Parois et plafond, panneau OPTIMA: épaisseur 150 mm, $\lambda = 0,041 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Panneau OSB : $R = 0,19 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$

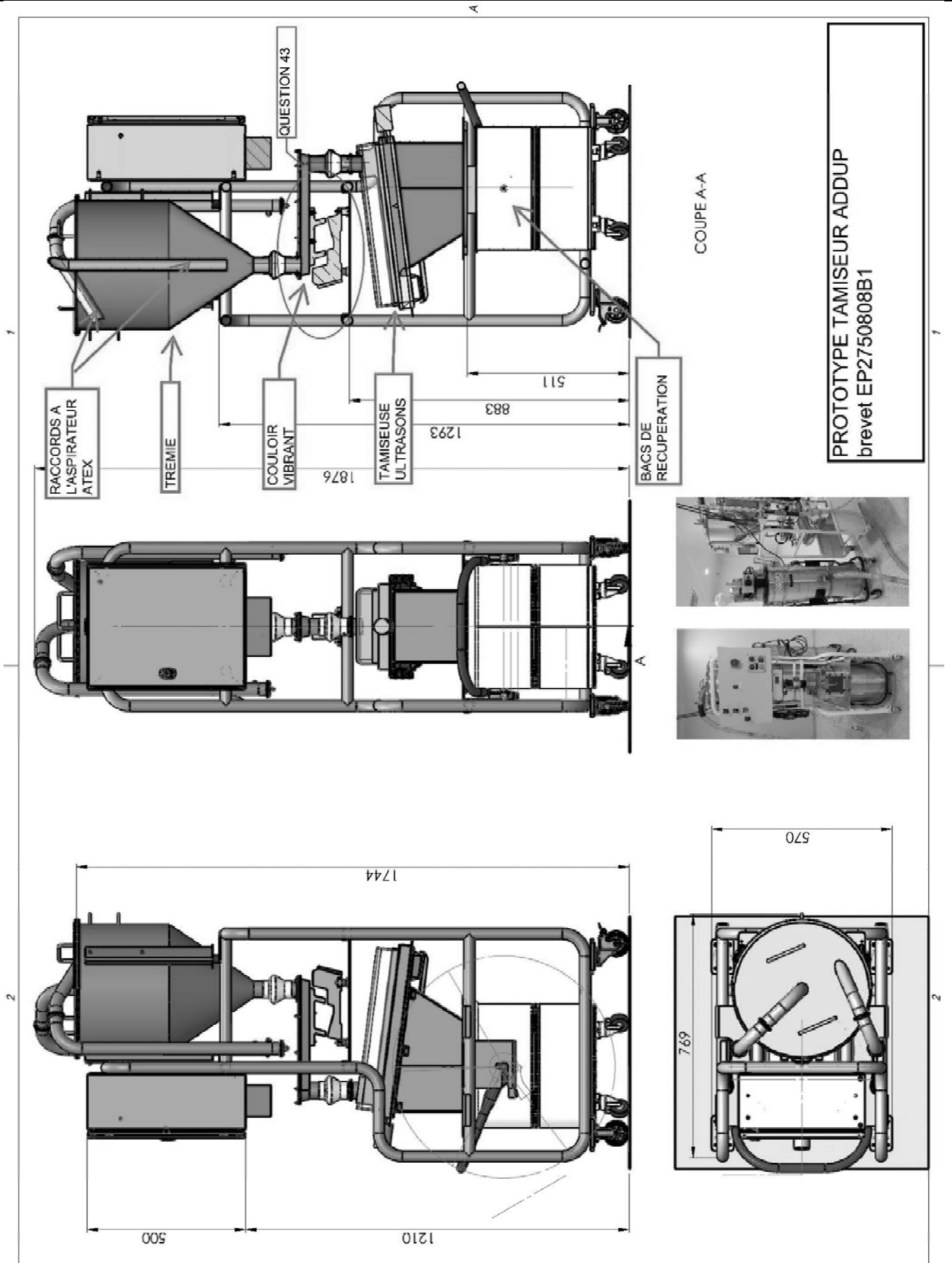
Laine de verre : épaisseur 200 mm, $\lambda = 0,035 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

		Paroi en contact avec :			Paroi en contact avec :		
		1/hi	1/he	1/hi + 1/he	1/hi	1/he	1/hi + 1/he
Paroi verticale ou faisant avec le plan horizontal un angle supérieur à 60°		0,11	0,06	0,17	0,11	0,11	0,22
Paroi horizontale flux ascendant (plancher haut)		0,09	0,05	0,14	0,09	0,09	0,18
flux plancher bas) descendant (	0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

DT 7- Diagramme de l'air humide



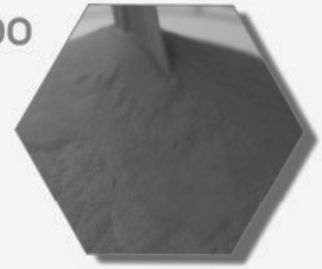
DT 8 – Prototype tamiseur



DT 9 – Fiche matière poudre Maraging

Material Data Sheet - Maraging MS1 / 1.2709 / 18Ni300

This document provides information and data for parts built using maraging MS1 powder with specific properties (given in the table 'Physical and chemical properties of powder').



Description

The maraging MS1 is a steel with good mechanical properties, especially excellent strength and hardness. It is an appropriated material for industrial tooling.

Mechanical Properties

Mechanical properties of as-build parts (tested at 20°C)

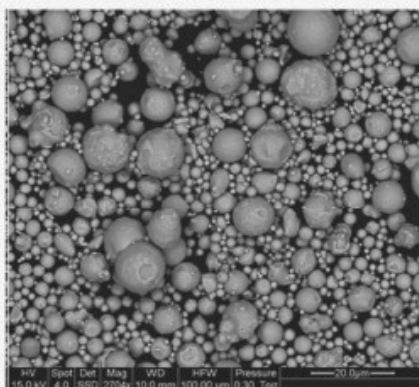
Technical data :

Physical and chemical properties of powder (according to NF EN 10088-1, arranged Ti-free)

Materials composition (%weight)	Elements	Minimum	Maximum
	Fe	Balance	
Cr	17	19	
Ni	8.5	9.5	
Co	4.5	5.2	
Mo	0.05	0.15	
Al	0.0	0.3	
Cr	0.0	0.1	
Ti	0.0	0.1	
Si	0.0	0.1	
Mn	0.0	0.1	
C	0.0	0.03	
S	0.0	0.01	
P	0.0	0.01	
Tap density (g/cc) [#]		Between 4.7 and 4.98	
Particle size (µm) [#]		+3 / -16	

Data certified by powder provider of AddUp

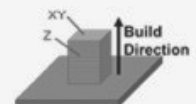
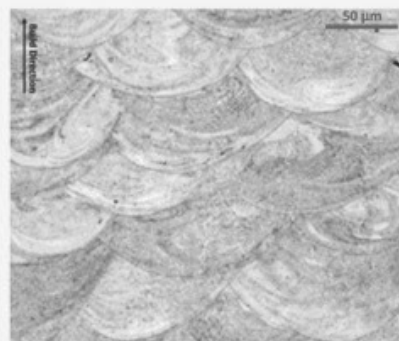
Observation by Scanning Electron Microscopy of powder



		Thin Samples [#]	Bulk Samples [#]
Ultimate tensile strength	(XY) direction	1021 ± 15 MPa	1122 ± 2 MPa
	(Z) direction	987 ± 11 MPa	1110 ± 5 MPa
Yield strength, Rp0.2%	(XY) direction	952 ± 8 MPa	1022 ± 2 MPa
	(Z) direction	933 ± 3 MPa	1037 ± 7 MPa
Elongation at break	(XY) direction	3.6 ± 3 %	9.8 ± 0.8 MPa
	(Z) direction	3.8 ± 15 %	8.8 ± 0.8 MPa
Young's Modulus		160 ± 1 GPa	/
Micro Hardness (Hv1000)		HV 374 ± 2 (HRC 38.1 - 0.2)	HV 372 ± 12 (HRC 38 - 1.2)

Results of Thin Samples are obtained with very thin samples of thickness 0.4 mm. Results of Bulk Samples are obtained with normalized samples tested according to the standard NF EN 2002-001

Microstructure



Microstructure obtained by SLM (after etching)

The microstructure obtained during SLM with maraging is composed of martensitic α -phase. The picture shows the regular structure of melting tracks.

Zonage et marquage du matériel ATEX

L'employeur doit identifier les zones du lieu de travail où peuvent se former des atmosphères explosives. Ce zonage permet, par la suite, de réaliser l'adéquation de l'ensemble du matériel, électrique et non-électrique, avec le type de zone, afin qu'il ne constitue pas la source d'inflammation potentielle.

L'employeur doit identifier les zones du lieu de travail où peuvent se former des atmosphères explosives. Ce zonage permet, par la suite, de réaliser l'adéquation de l'ensemble du matériel, électrique et non-électrique, avec le type de zone, afin qu'il ne constitue pas la source d'inflammation potentielle.

Principes généraux du zonage

L'une des étapes primordiales de la démarche de prévention du risque explosion est la **délimitation des zones à risques d'explosion (dites « zones ATEX »)**. Ce zonage s'attache à caractériser la possibilité de formation d'une atmosphère explosive et à quantifier le volume de celle-ci. Ces emplacements dangereux sont classés en zones à risque, en fonction de la fréquence et de la durée de présence d'une atmosphère explosive.

En fonction des mesures techniques et organisationnelles de prévention mises en place, sous réserve de leur pérennité, le zonage final pourra éventuellement être moins contraignant en occurrence et/ou en volume.

Les locaux ou emplacements susceptibles de présenter une ou plusieurs zones ATEX sont signalés à l'aide du pictogramme réglementaire.



Pictogramme réglementaire à utiliser pour signaler les zones ATEX

Zones définies par la réglementation ATEX

ATMOSPHÈRE EXPLOSIVE PRÉSENTE...	ZONE GAZ/VAPEURS	ZONE POUSSIÈRES
...en permanence ou pendant de longues périodes en fonctionnement normal	0	20
...occasionnellement en fonctionnement normal	1	21
...accidentellement, en cas de dysfonctionnement ou de courte durée	2	22

Nota : Les couches, dépôts et tas de poussières combustibles doivent également être traités comme source susceptible de former une atmosphère explosive.

Adéquation du matériel à la zone ATEX : marquage réglementaire

Tous les matériels, électriques et non-électriques, présents dans les zones à risques d'explosion, ainsi que les systèmes de protection, doivent être conformes aux prescriptions techniques liées aux types de zone. Trois catégories sont ainsi définies, correspondant aux niveaux de sécurité exigés pour les matériels. De plus, un marquage spécifique permet d'identifier ces matériels et leurs caractéristiques.

Marquage des matériels (industries de surface)

RISQUE	ZONE	CATÉGORIE D'APPAREIL	MARQUAGE RÉGLEMENTAIRE
Risque permanent	Zone 0	Catégorie 1	CE II 1 G
	Zone 20	Catégorie 1	CE II 1 D
Risque occasionnel	Zone 1	Catégorie 2 (ou 1)	CE II 2 G (ou 1 G)
	Zone 21	Catégorie 2 (ou 1)	CE II 2 D (ou 1 D)
Risque potentiel	Zone 2	Catégorie 3 (ou 2 ou 1)	CE II 3 G (ou 2 G ou 1 G)
	Zone 22	Catégorie 3 (ou 2 ou 1)	CE II 3 D (ou 2 D ou 1 D)

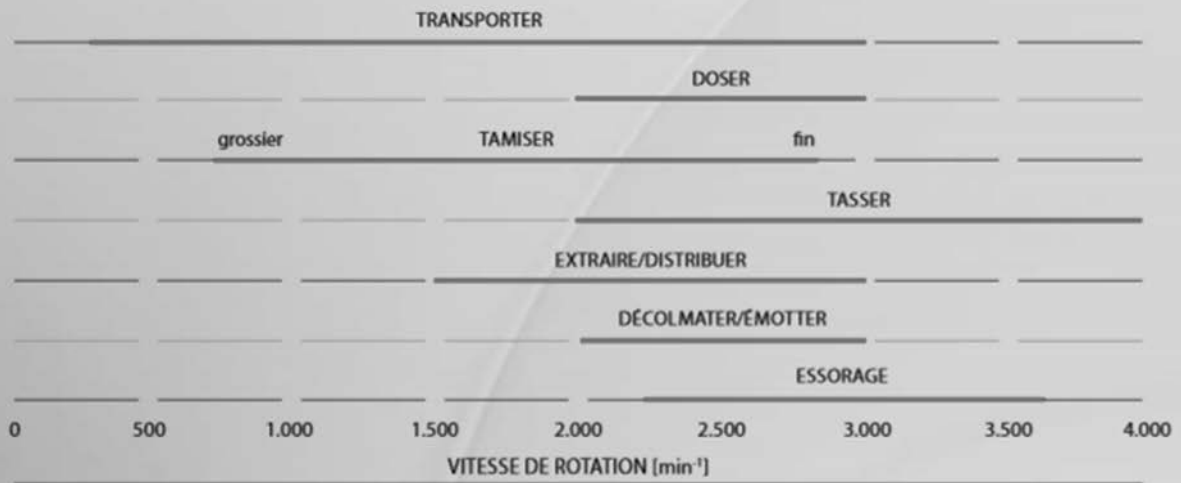
G : gaz/vapeurs, D : poussières

Voir la partie « Réglementation et textes de référence »¹³ pour les définitions exactes des catégories d'appareils et des groupes d'industries.

¹³ <http://www.inrs.fr/risques/explosion/reglementation-textes-reference.html>

DT 11 – 1/2 : Choix du moto vibreur

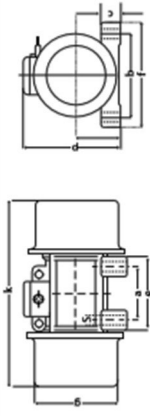
LE PREMIER PAS VERS UN ENTRAÎNEMENT ADAPTÉ : LES FONCTIONS



Les amplitudes de fonctionnement et les valeurs d'accélération adaptées aux différentes utilisations dépendent de la vitesse de rotation nominale sur le réseau correspondant.

DT 11 – 2/2 : Choix du moto vibreur

MOTEURS À 2 ET À 4 PÔLES POUR UN RÉSEAU 50 HZ



Dimensions [mm]

Moteurs à 2 pôles (3.000 min ⁻¹)	de	jusque	230V	400V	Poids en moteur [kg]	Couple [kgcm]	Force centrifuge [N]	Série UV ^a	Série eP ^b	Poids uti- ^a [kg]	Intensité max. [A] ^b	Puissance élec- trique max. [kW]	Dimensions [mm]										
													a	b	c	e	f	g	h	k	p	s	Vts
UV1A.0.04Y ^a	+	-	39	0,08	0,85	dévoitueur	dévoitueur	0,13	N.A.	0,02			25-40	75	9	59	90	65	34	113	67	5,5	M5
UVA.0.6Y	+	-	668	1,22	4,1	13	52	0,47	0,27	0,12			62,5	95	24	86	127	96	70	197	123	11,5	M10
UVB.1Y	+	+	981	1,96	5,6	16	89	0,61	0,35	0,18			68,0	106	24	100	125	100	61	209	153	9,0	M8
UVB.1.9Y	+	+	1.890	3,82	6,4	38	183	0,61	0,35	0,18			68,0	106	24	100	125	100	61	225	153	9,0	M8
UVC.3Y	+	+	2.980	6,02	9,7	59	284	1,04	0,60	0,26			90,0	125	28	125	152	124	73	255	179	13,0	M12
UVD.5Y	+	+	4.930	9,98	14,8	99	473	1,39	0,80	0,45			105,0	140	30	140	167	143	83	284	203	13,0	M12
UVE.7.7Y	+	+	7.700	15,60	16,8	161	746	1,91	1,10	0,65			120,0	170	45	160	205	168	94	308	215	17,0	M16
UVE.11Y	+	+	10.800	22,00	23,0	230	1.060	3,05	1,75	1,00			120,0	170	54	162	205	181	105	354	225	13,0	M12
UVF.20Y	+	-	20.200	41,00	46,0	420	1.940	5,75	3,30	2,00			125,0	210	65	175	260	201	125	490	254	17,0	M16
UWG.32Y	+	-	31.600	64,00	103,0	595	2.995	11,30	6,50	4,00			165,0	260	65	230	330	270	160	594	334	26,0	M24
UVH.40Y	+	-	40.000	81,00	145,0	725	3.760	11,30	6,50	4,00			280,0	290	70	345	355	296	173	682	363	26,0	M24
UVI.62Y	+	-	62.400	126,00	180,0	1.210	5.930	16,00	9,20	5,50			200,0	320	90	270	390	334	189	666	381	28,0	M27
UVL.88Y	+	-	88.400	179,00	215,0	1.810	8.520	31,30	18,00	10,00			200,0	320	100	270	392	355	192	633	395	28,0	M27

Moteurs à 4 pôles (1.500 min⁻¹)

Moteurs à 4 pôles (1.500 min ⁻¹)	de	jusque	230V	400V	Poids en moteur [kg]	Couple [kgcm]	Force centrifuge [N]	Série UV ^a	Série eP ^b	Poids uti- ^a [kg]	Intensité max. [A] ^b	Puissance élec- trique max. [kW]	Dimensions [mm]										
													a	b	c	e	f	g	h	k	p	s	Vts
UVB.0.3X	+	-	265	2,0	5,60	1	19	0,36	0,21	0,09			68	106	24	100	125	100	61	209	153	9,0	M8
UVB.0.7X	+	-	746	5,9	6,7	9	68	0,36	0,21	0,09			68	106	24	100	125	100	61	225	153	9,0	M8
UVC.1.5X	+	+	1.460	11,8	11,7	19	137	0,71	0,41	0,17			90	125	28	128	152	124	73	295	179	13,0	M12
UVC.2.1X	+	+	2.090	16,8	12,5	34	203	0,71	0,41	0,17			90	125	28	128	152	124	73	295	179	13,0	M12
UVD.4X	+	+	4.040	32,6	19,0	75	400	1,04	0,60	0,30			105	140	30	140	167	143	83	340	203	13,0	M12
UVD.5.9X	+	+	5.420	43,8	20,4	108	546	1,04	0,60	0,30			105	140	30	140	167	143	83	380	203	13,0	M12
UVE.7X	+	+	7.060	57,2	25,0	140	715	1,60	0,92	0,53			120	170	45	160	205	168	94	378	215	17,0	M16
UVE.10X	+	+	10.300	83,0	35,0	206	1.040	1,65	0,95	0,55			120	170	54	162	205	181	105	436	225	13,0	M12
UVF.18X	+	+	17.600	143,0	51,0	375	1.800	3,50	2,00	1,10			125	210	65	175	260	201	125	490	255	17,0	M16
UVF.24X	+	+	23.700	192,0	71,0	500	2.400	5,55	3,20	1,60			125	210	65	175	260	231	140	525	278	17,0	M16
UWG.38X	+	+	37.700	305,0	122,0	775	3.825	6,75	3,90	2,20			165	260	65	230	330	270	160	594	334	26,0	M24
UVH.49X	+	+	49.100	398,0	168,0	990	4.970	10,40	6,00	3,60			280	290	70	345	355	296	173	682	363	28,0	M24
UVI.64X	+	-	64.100	520,0	208,0	1.320	6.520	18,20	10,50	6,00			200	320	90	270	390	334	189	666	381	28,0	M27
UVN.83X	+	+	82.600	669,0	317,0	1.600	8.290	21,10	12,20	7,50			2 x 125	380	35	320	460	387	215	866	436	38,0	6 x M36
UVP.112X	+	-	112.000	909,0	433,0	2.165	11.255	30,30	17,50	10,00			2 x 140	440	38	370	530	420	230	994	454	44,0	6 x M42

+ Disponible
- Non disponible

CE Tous les séries UV sont certifiées CE

Série UV : dans les zones normales (CEE et zones antidéflagrantes (zones 21 + 22) avec autorisation : Ex II

Série eP : zones en présence de poussières explosibles (zones 21 + 22) et zones à atmosphères explosives

groupez avec l'autorisation : Ex II 2D A21 IP66 T 135°C et l'autorisation : Ex II G e II 3 ou

14 - Ex 2D ID A21 IP66 T 135°C

^a avec un entraînement à deux moteurs à balais

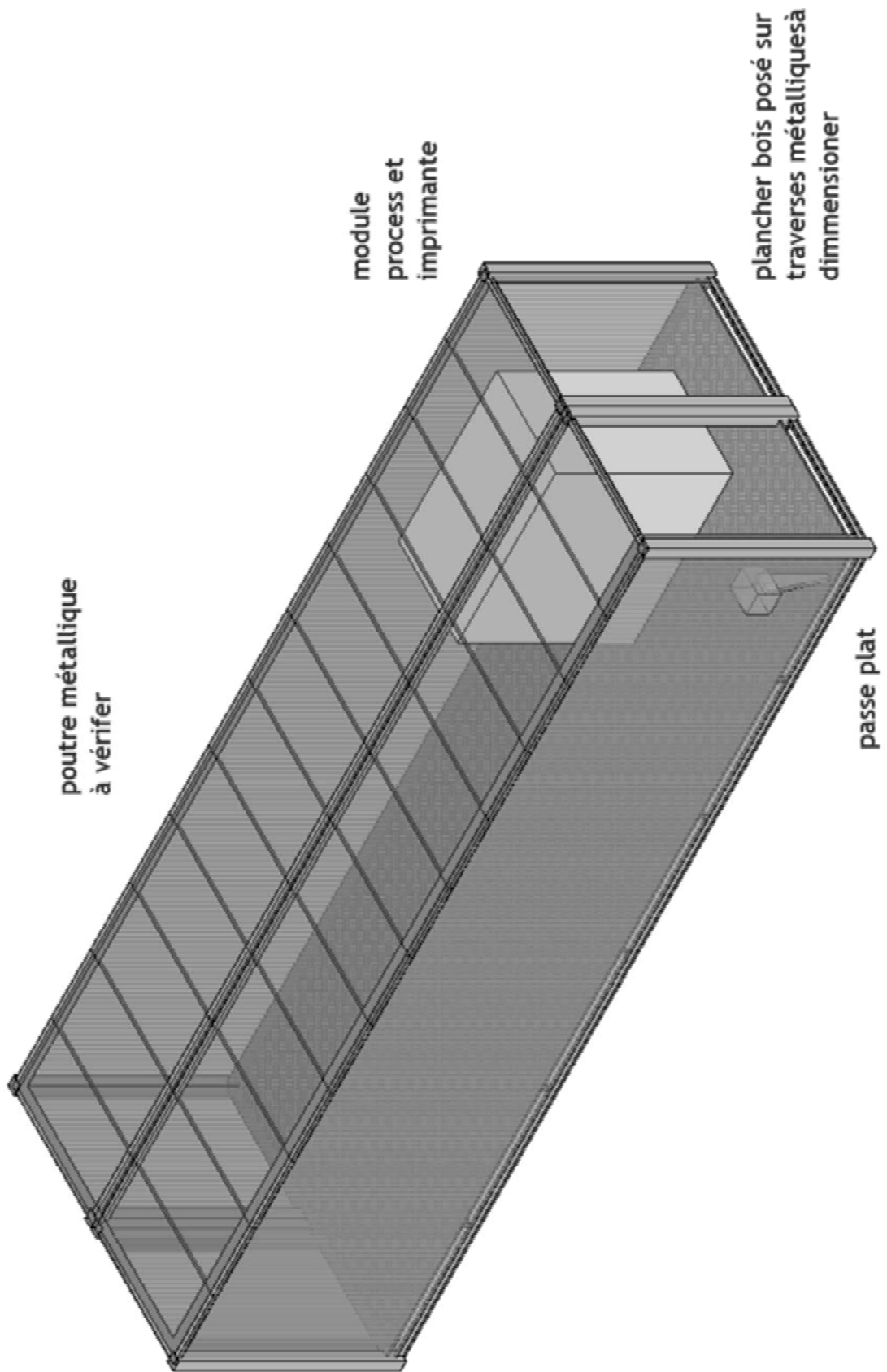
^b Moteur à balais monophasé à courant alternatif fourni avec un câble de branchement à 3 conducteurs fins, seulement en 230V/50Hz, réalisable en 115V/60Hz

Autres caractéristiques sur demande

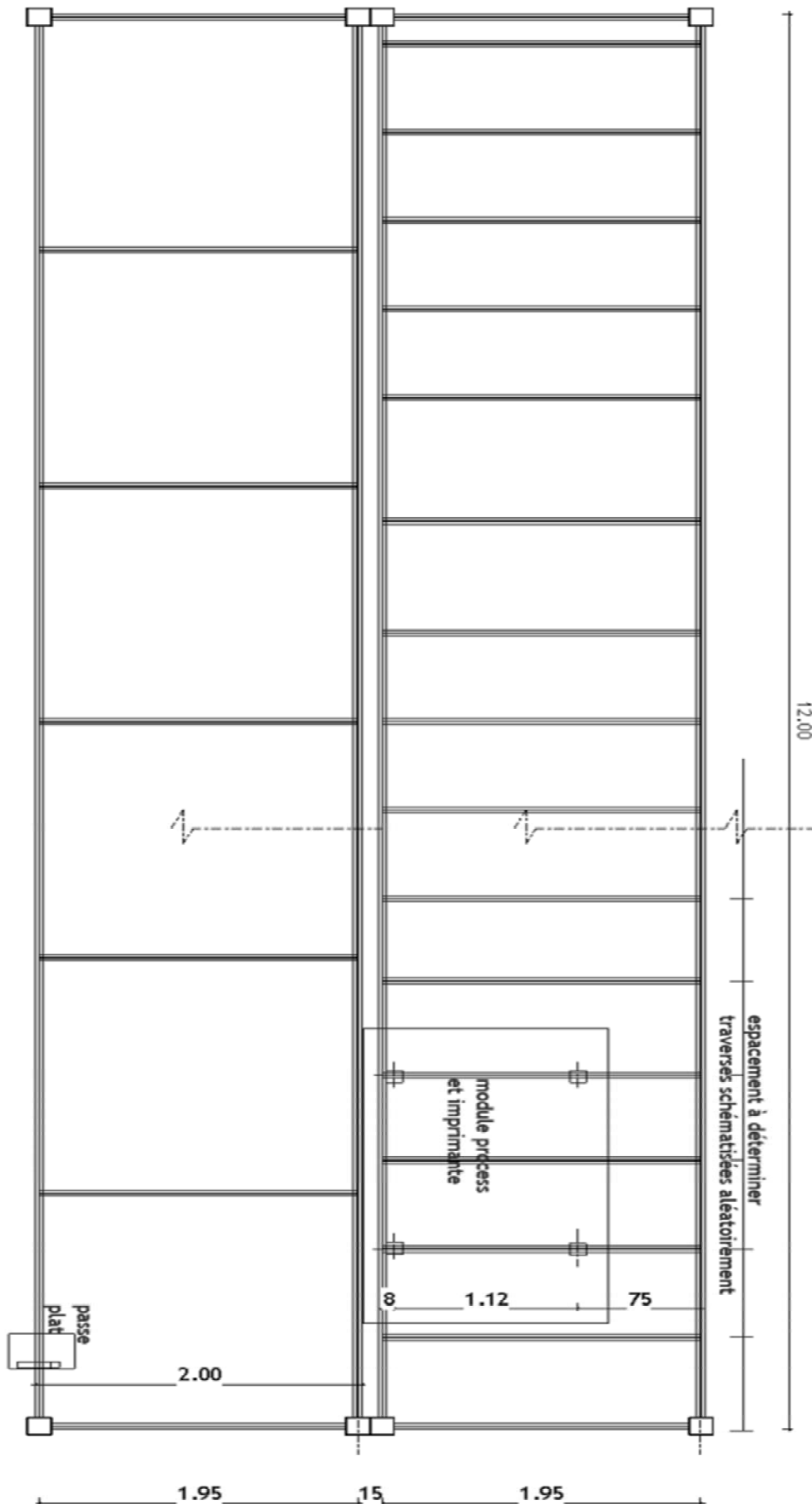
^c Les séries 6M, 8M et 10V présentent des caractéristiques techniques différentes



DT12 – 1/2 : Plans de la cellule



DT12 – 2/2 : Plans de la cellule



DT13 – Caractéristiques des panneaux de CTBX

Module de Young : $E \sim 8000 \text{MPa}$

Épaisseur (mm)	15	18	25	30	35	40
Compression $f_{c,90,k}$	20,6	17,1	23,8	21,2	24,6	24,7
Flexion $f_{m0,d}$ N/mm ²	24,4	23	14,9	15,5	15,9	16,9
Module d'élasticité $E_{m,0, \text{mean}}$ N/mm ²	9100	8200	8000	7600	7000	7000
Module de cisaillement $G_{0,\text{mean}}$ N/mm ²	41	41	41	41	41	41

DT14 – valeurs de k_{mod} et γ_M

Chargement	Classe de service 1	Classe de service 2	Classe de service 3
	Humidité bois <13% local chauffé	13% < Humidité bois <20% sous abri	Humidité >20% extérieur
Permanent (>10 ans)	0,6	0,6	0,5
Long terme (6 mois à 10 ans)	0,7	0,7	0,55
Moyen terme (1 semaine à 6 mois)	0,8	0,8	0,65

$$\gamma_M = 1.3$$

DT15 – Formulaire RDM

Combinaisons de charges :

État limite de service ELS : $q_{ELS} = \Sigma G + \Sigma Q$

État limite ultime ELU : $q_{ELU} = 1.35 \Sigma G + 1.5 \Sigma Q$

Calcul de poinçonnement à faire à l'ELU : $f_{c,90,d} = f_{c,90,k} * k_{mod} / \gamma_M \leq \sigma$

Tournez la page S.V.P.

DT16 – Réactions d'appuis, moments fléchissants, flèches et angles de rotations de poutre à une travée

	$R_A = \frac{Pb}{L}$ $R_B = \frac{Pa}{L}$	$M_P = \frac{Pab}{L}$	$f_{max} = \frac{Pb^2(L^2 - b^2)}{9EIL} * \sqrt{\frac{(L^2 - b^2)}{3}}$	$\theta_A = -\frac{Pab(L+b)}{6EIL}$ $\theta_B = -\frac{Pab(L+a)}{6EIL}$
	$R_A = R_B = \frac{P}{2}$	$M_{max} = \frac{PL^2}{8}$	$f_{max} = \frac{PL^3}{48EI}$	$\theta_A = -\frac{PL^2}{16EI}$ $\theta_B = -\frac{PL^2}{16EI}$
	$R_A = R_B = \frac{PL}{2}$	$M_{max} = \frac{Pab}{L}$	$f_{max} = \frac{5PL^4}{384EI}$	$\theta_A = -\frac{PL^3}{24EI}$ $\theta_B = -\frac{PL^3}{24EI}$
	$R_A = R_B = \frac{PL}{2}$	$M_A = M_B = -\frac{PL^2}{12}$	$f_{max} = \frac{PL^4}{384EI}$	
	$R_A = \frac{P * (L - a)^2 * (L + 2a)}{L^3}$ $R_B = \frac{Pa^2 * (3L - 2a)}{L^3}$	$M_A = -\frac{Pa(L-a)^2}{L^2}$ $M_B = -\frac{Pa^2(L-a)}{L^2}$	<p>Si $a > b$:</p> $f_{max} = \frac{2Pa^3b^2}{3EI(L+2a)^2}$ <p>pour $x = \frac{2aL}{L+2a}$</p> <p>Si $a < b$:</p> $f_{max} = \frac{2Pa^2(L-a)^3}{3EI(3L-2a)^2}$ <p>pour $x = \frac{L^2}{(3L-2a)}$</p>	

DT17 – Sections des profils acier

Désignation Designation Bezeichnung	Valeurs statiques / Section properties / Statische Kennwerte												
	axe fort y-y strong axis y-y starke Achse y-y						axe faible z-z weak axis z-z schwache Achse z-z						
	G	I_y	$W_{el,y}$	$W_{pl,y}$	i_y	A_{yz}	I_z	$W_{el,z}$	$W_{pl,z}$	i_z	S_x	I_t	I_w
kg/m	mm ⁴ x10 ⁴	mm ³ x10 ³	mm ³ x10 ³	mm x10	mm ² x10 ²	mm ⁴ x10 ⁴	mm ³ x10 ³	mm ³ x10 ³	mm x10	mm	mm ⁴ x10 ⁴	mm ⁶ x10 ⁹	
IPE AA 80	4,9	64,1	16,4	18,9	3,19	3,00	6,85	2,98	4,7	1,04	17,5	0,40	0,09
IPE A 80	5,0	64,4	16,5	19,0	3,18	3,07	6,85	2,98	4,7	1,04	17,6	0,42	0,09
IPE 80	6,0	80,1	20,0	23,2	3,24	3,58	8,49	3,69	5,8	1,05	20,1	0,70	0,12
IPE AA 100	6,7	136	27,9	31,9	3,98	4,40	12,6	4,57	7,2	1,21	20,8	0,73	0,27
IPE A 100	6,9	141	28,8	33,0	4,01	4,44	13,1	4,77	7,5	1,22	21,2	0,77	0,28
IPE 100	8,1	171	34,2	39,4	4,07	5,08	15,9	5,79	9,2	1,24	23,7	1,20	0,35
IPE AA 120	8,4	244	41,7	47,6	4,79	5,36	21,1	6,59	10,4	1,41	21,6	0,95	0,66
IPE A 120	8,7	257	43,8	49,9	4,83	5,41	22,4	7,00	11,0	1,42	22,2	1,04	0,71
IPE 120	10,4	318	53,0	60,7	4,90	6,31	27,7	8,65	13,6	1,45	25,2	1,74	0,89
IPE AA 140	10,1	407	59,7	67,6	5,64	6,14	33,8	9,27	14,5	1,63	22,4	1,19	1,46
IPE A 140	10,5	435	63,3	71,6	5,70	6,21	36,4	10,0	15,5	1,65	23,2	1,36	1,58
IPE 140	12,9	541	77,3	88,3	5,74	7,64	44,9	12,3	19,3	1,65	26,7	2,45	1,98
IPE AA 160	12,1	646	82,6	93,3	6,47	7,24	51,6	12,6	19,6	1,83	23,4	1,57	2,93
IPE A 160	12,7	689	87,8	99,1	6,53	7,80	54,4	13,3	20,7	1,83	26,3	1,96	3,09
IPE 160	15,8	869	109	124	6,58	9,66	68,3	16,7	26,1	1,84	30,3	3,60	3,96
IPE AA 180	14,9	1020	116	131	7,32	9,13	78,1	17,2	26,7	2,03	27,2	2,48	5,64
IPE A 180	15,4	1063	120	135	7,37	9,20	81,9	18,0	28,0	2,05	27,8	2,70	5,93
IPE 180	18,8	1317	146	166	7,42	11,3	101	22,2	34,6	2,05	31,8	4,79	7,43
IPE O 180	21,3	1505	165	189	7,45	12,7	117	25,5	39,9	2,08	34,5	6,76	8,74
IPE AA 200	18,0	1533	156	176	8,19	11,4	112	22,4	35,0	2,21	32,0	3,84	10,1
IPE A 200	18,4	1591	162	182	8,23	11,5	117	23,4	36,5	2,23	32,6	4,11	10,5
IPE 200	22,4	1943	194	221	8,26	14,0	142	28,5	44,6	2,24	36,7	6,98	13,0
IPE O 200	25,1	2211	219	249	8,32	15,5	169	33,1	51,9	2,30	39,3	9,45	15,6
IPE AA 220	21,2	2219	205	230	9,07	12,8	165	29,9	46,5	2,47	33,6	5,02	17,9
IPE A 220	22,2	2317	214	240	9,05	13,6	171	31,2	48,5	2,46	34,5	5,69	18,7
IPE 220	26,2	2772	252	285	9,11	15,9	205	37,3	58,1	2,48	38,4	9,07	22,7
IPE O 220	29,4	3134	282	321	9,16	17,7	240	42,8	66,9	2,53	41,1	12,3	26,8

DOSSIER PÉDAGOGIQUE (DP1 à DP5) - Documents spécifiques aux exploitations pédagogiques

DP1	Contexte pédagogique
DP2	Fiche activité expérimentale
DP3	Fiche séquence pédagogique
DP4	Liste des compétences sur le cycle terminal STI2D
DP5	Extrait du programme STI2D

DP1 - Contexte pédagogique

Niveau d'enseignement et organisation pédagogique

L'établissement comprend 3 divisions de terminale STI2D. Pour l'enseignement commun, les 108 élèves sont réparties sur les trois divisions (3 fois 36 élèves) quel que soit l'enseignement spécifique qu'ils ont choisi. L'autonomie de l'établissement a permis la mise en place de groupes à effectifs réduits pour l'enseignement commun à hauteur de 3h par semaine.

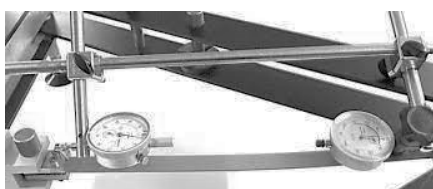
En enseignement spécifique, les élèves sont regroupés à partir de leur choix. L'établissement a mis en place 2 heures par semaine « classe entière » et 6 heures à effectifs réduits (cf. tableau ci-dessous).

Enseignement commun	TSTI2D 1 (36 élèves)		TSTI2D 2 (36 élèves)		TSTI2D 3 (36 élèves)		1 h/sem
	Gr STI2D 1A (18 élèves)	Gr STI2D 1B (18 élèves)	Gr STI2D 2A (18 élèves)	Gr STI2D 2B (18 élèves)	Gr STI2D 3A (18 élèves)	Gr STI2D 3B (18 élèves)	3 h/sem
Enseignement spécifique	ITEC (27 élèves)		AC (27 élèves)		EE (27 élèves)		2 h/sem
	Groupe ITEC1 (14)	Groupe ITEC2 (13)	Groupe AC1 (14)	Groupe AC2 (13)	Groupe EE1 (14)	Groupe EE2 (13)	6 h/sem

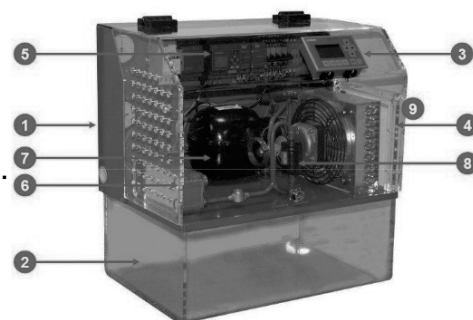
Matériels disponibles (liste non exhaustive)

Le laboratoire STI2D est équipé des éléments suivants :

- une pompe à chaleur didactisée ;
- un banc d'essai de traction, flexion ;
- cartes programmables : Arduino, Raspberry, ESP32, etc.
- appareils de mesure classique (multimètre, caméra thermique, capteur d'effort, etc.) ;
- autres.



1 - Présentation de la vue d'ensemble



1	Banc P.A.C.	2	Bac à eau
3	Pupitre opérateur	4	Evaporateur
5	Electronique de commande	6	Condenseur
7	Compresseur	8	Détendeur
9	Interrupteur + cablage d'alimentation 230V 50Hz (sur le coté droit de la PAC)		

Les logiciels classiques à la série STI2D (modeleurs 3D, simulation multi physique, programmation, analyseur de trames réseaux, etc.) sont également disponibles.

Le FabLab est équipé d'imprimantes 3D par dépôt de filament, d'une découpe laser 60 W et d'autres moyens de prototypage.



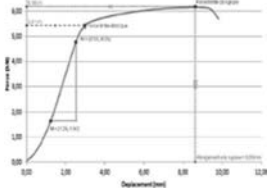
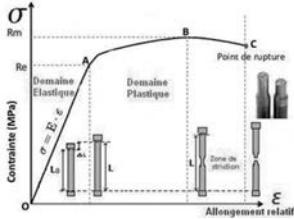
DP2 - 1/2 : Fiche activité expérimentale

Mode d'emploi pour compléter la fiche d'activité expérimentale

FICHE ACTIVITÉ EXPÉRIMENTATION	
Intitulé : On donne ici un titre pour repérer facilement l'activité	
COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES	Définir les compétences et connaissances explicitement visées au sein de l'activité proposée.
TYPOLOGIE DE L'ACTIVITÉ PROPOSÉE	Indiquer ici en cochant la case correspondante le type d'activité proposé. Une activité expérimentale peut servir à : <ul style="list-style-type: none"> • expliciter un concept fondamental (à l'image de ce qui se ferait en physique appliquée) ; • valider un modèle théorique (par comparaison de résultats d'une simulation numérique exploitant un modèle théorique avec les résultats d'une expérimentation sur maquette réelle) • qualifier une solution constructive (activité visant à tester sur un banc d'essai une solution constructive et vérifier si elle satisfait à une exigence technique)
DESCRIPTION DU MONTAGE EXPÉRIMENTAL	Support d'expérimentation : On décrit ici l'objet, le composant, la maquette, etc. qui sera soumis à une sollicitation et dont on va observer le comportement. Si possible intégrer des photos, illustrations...
	Sollicitation du support : On décrit ici comment le support d'expérimentation présenté ci-dessus est soumis à une excitation, une sollicitation.
TRAITEMENT DES DONNÉES AU REGARD DE L'OBJECTIF DE L'ACTIVITÉ (EN LIEN AVEC LA TYPOLOGIE DE L'ACTIVITÉ D'EXPÉRIMENTATION)	En fonction de l'objectif de départ : <ul style="list-style-type: none"> • Modéliser le concept fondamental • Comparer le comportement simulé et le comportement expérimental • Qualifier la solution constructive (respect des exigences) ...décrire comment le relevé des données expérimentales est organisé pour servir l'objectif. Cette partie mérite d'être un peu plus développée et illustrée.
AXES DE GÉNÉRALISATION (STEM)	Autres situations où le concept observé est présent Transfert sur d'autres situations, lien avec d'autres applications.

DP2 - 2/2 : Fiche activité expérimentale

Exemple de fiche d'activité expérimentale pour aborder le concept de résistance

FICHE ACTIVITÉ EXPÉRIMENTATION	
Appréhender le concept de résistance par un essai de traction jusqu'à la rupture	
COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES DANS L'ACTIVITÉ PROPOSÉE	CO6.4 → 3.2.3 CO7.2 → 6.2
TYPLOGIE DE L'ACTIVITÉ	<input checked="" type="checkbox"/> APPRÉHENDER UN CONCEPT FONDAMENTAL
	<input type="checkbox"/> VALIDER UN MODÈLE DE COMPORTEMENT
	<input type="checkbox"/> QUALIFIER UNE SOLUTION CONSTRUCTIVE
DESCRIPTION DU MONTAGE EXPÉRIMENTAL	
Support d'expérimentation : un banc d'essai de traction équipé de comparateurs ou de capteurs, des éprouvettes cylindriques ou rectangulaires en laiton, polyamide, aluminium, acier.	
	
Sollicitation du support : - Application d'une force sur l'éprouvette permettant de la solliciter en traction, jusqu'à la rupture.	
TRAITEMENT DES DONNÉES AU REGARD DE L'OBJECTIF DE L'ACTIVITÉ	
<p>Les mesures effectuées permettent de tracer une courbe force = f(déplacement). À l'aide d'un tableur, les résultats obtenus permettent de calculer les contraintes et les allongements relatifs ϵ. La courbe contrainte = f (allongement relatif ϵ) peut être tracée. L'élève peut ainsi identifier 3 zones : zone élastique, plastique et striction et la rupture.</p>	
	<p><i>Contrainte = f (allongement relatif ϵ)</i></p>
	
On peut déterminer la résistance élastique, celle à la rupture et calculer le module de Young. La loi de Hooke est mise en évidence.	
AXES DE GÉNÉRALISATION (STEM)	
Analogie de la courbe force = f (déplacement) avec le comportement d'un ressort et la raideur. En mathématiques, lien avec les fonctions et leurs représentations.	

DP3 – Fiche séquence pédagogique

THÈME DE LA SÉQUENCE <i>(Choisir un thème parmi les 8 de la liste ou autre)</i>	Préserver la santé				
TITRE DE LA SÉQUENCE <i>(une problématique liée à un enjeu de société)</i>					
Durée en h <i>(Base de 3 semaines pour une séquence)</i>	Ens. Commun (12h)	AC (24h)	ITEC (24h)	EE (24h)	SIN (24h)
ENSEIGNEMENT COMMUN					
Compétences visées					
Connaissances associées					
Type d'activité <i>(Préciser le ou les types d'activité mis en œuvre : étude de dossier, expérimentations, simulation, ...)</i>					
Synthèse <i>(en lien avec la problématique)</i>					
Évaluation					

ENSEIGNEMENTS SPÉCIFIQUES				
	AC	ITEC	EE	SIN
Déclinaison de la problématique				
Compétences visées <i>(En particulier CO5.8 Concevoir CO6.5 Interpréter les résultats d'une simulation et conclure sur la performance de la solution CO7.3 Expérimenter)</i>				
Connaissances associées				
Type d'activité <i>(préciser le ou les types d'activité mis en œuvre : étude de dossier, expérimentations, simulation, ...)</i>				
Synthèses				
Solutions constructives abordées				
Évaluations				

Un seul des quatre enseignements spécifiques à développer pour l'épreuve

DP4 - 1/4 : Liste des compétences sur le cycle terminal STI2D

Objectifs de formation	Compétences développées	IT	I2D	2I2D	Connaissances	
Dimension socio - culturelle	O1 - Caractériser des produits ou des constituants privilégiant un usage raisonné du point de vue développement durable	CO1.1. Justifier le choix des structures matérielles et/ou logicielles d'un produit, identifier les flux mis en œuvre dans une approche de développement durable	XX	XX	1-3 / 1-4 / 1-5 / 2-1 / 4-2	
		CO1.2. Justifier le choix d'une solution selon des contraintes d'ergonomie et de design	XX	XX	1-1 / 1-3 / 1-5 / 2-1	
		CO1.3. Justifier les solutions constructives d'un produit au regard des performances environnementales et estimer leur impact sur l'efficacité globale	XX	XX	1-5 / 3-1 / 3-3 / 4-1 / 4-3 / 5	
Dimension scientifique et technique	O2 - Identifier les éléments influents du développement d'un produit	CO2.1. Décoder le cahier des charges d'un produit, participer, si besoin, à sa modification	XX	XX	1-1 / 1-2	
		CO2.2. Évaluer la compétitivité d'un produit d'un point de vue technique et économique	XX	XX	1-1 / 1-3 / 1-4 / 1-5	
	O3 - Analyser l'organisation fonctionnelle et structurelle d'un produit	CO3.1. Identifier et caractériser les fonctions et les constituants d'un produit ainsi que ses entrées/sorties		XX	XX	1-2 / 2 / 4-1 / 4-3 / 5
		CO3.2. Identifier et caractériser l'agencement matériel et/ou logiciel d'un produit		XX	XX	1-2 / 2 / 4-1 / 4-3 / 5
Communication	O4 - Communiquer une idée, un principe ou une solution technique, un projet, y compris en langue étrangère	CO3.3. Identifier et caractériser le fonctionnement temporel d'un produit ou d'un processus	XX	XX	1-2 / 2-3 / 2-4 / 3-4 / 4-3 / 6-3	
		CO3.4. Identifier et caractériser des solutions techniques	XX	XX	1-2 / 2 / 4-3 / 5 / 6-2	
		CO4.1. Décrire une idée, un principe, une solution, un projet en utilisant des outils de représentation adaptés	XX	X	XX	1-1 / 1-2 / 2 / 4-1
		CO4.2. Décrire le fonctionnement et/ou l'exploitation d'un produit en utilisant l'outil de description le plus pertinent	X	XX	XX	1-1 / 1-2 / 2 / 4-1
		CO4.3. Présenter de manière argumentée des démarches, des résultats, y compris dans une langue étrangère	X	XX	XX	1-1 / 1-2 / 4-1 / 4-2 / 6-2

DP4 - 2/4 : Liste des compétences sur le cycle terminal STI2D

Dimension ingénierie design	O5 – Imaginer une solution, répondre à un besoin	XX	XX	XX	XX	1-1 1 / 2-1 / 4-3 1-1 / 1-2 / 2 / 5 1-1 1-1 / 1-3 / 1-4 / 4-2 / 4-3 / 5 / 6-2 1-1 / 1-3 / 1-4 / 1-5 / 4 1 / 2-3 / 2-4 / 4 / 5
	C05.1. S'impliquer dans une démarche de projet menée en groupe	XX		XX	XX	1-1
	C05.2. Identifier et justifier un problème technique à partir de l'analyse globale d'un produit (approche matière – énergie – information)	XX	X	XX	XX	1 / 2-1 / 4-3
	C05.3. Mettre en évidence les constituants d'un produit à partir des diagrammes pertinents.	X		XX	XX	1-1 / 1-2 / 2 / 5
	C05.4. Planifier un projet (diagramme de Gantt, chemin critique) en utilisant les outils adaptés et en prenant en compte les données technico-économiques	XX			XX	1-1
	C05.5. Proposer des solutions à un problème technique identifié en participant à des démarches de créativité, choisir et justifier la solution retenue	XX	X		XX	1-1 / 1-3 / 1-4 / 4-2 / 4-3 / 5 / 6-2
	C05.6. Participer à une étude de design d'un produit dans une démarche de développement durable	XX	X		XX	1-1 / 1-3 / 1-4 / 1-5 / 4
	C05.7. Définir la structure matérielle, la constitution d'un produit en fonction des caractéristiques technico-économiques et environnementales attendues	XX	X		XX	1 / 2-3 / 2-4 / 4 / 5
	C05.8. Concevoir				XX	
	Proposer et choisir des solutions constructives répondant aux contraintes et attentes d'une construction				AC1	1-1 / 1-5 / 3-2 / 4 / 5-1 / 6-2
	Proposer et choisir des procédés de mise en œuvre d'un projet de construction et organiser les modalités de sa réalisation				AC2	1-1 / 5-1 / 6-2
Définir (ou modifier) la structure, les choix de constituants, les paramètres de fonctionnement d'une chaîne d'énergie afin de répondre à un cahier des charges ou à son évolution.				EE1	1-5 / 3-3 / 4 / 5-1 / 5-2 / 6-2	
Définir (ou modifier), paramétrer et programmer le système de gestion d'une chaîne d'énergie afin de répondre à un cahier des charges et d'améliorer la performance énergétique.				EE2	3-4 / 4 / 5-3 / 6-2	
Définir à l'aide d'un modèle numérique, les formes et dimensions d'une pièce d'un produit à partir des contraintes fonctionnelles, de son procédé de réalisation et de son matériau				ITEC1	3-2 / 4 / 5-2 / 6-1 / 6-2	
Définir, à l'aide d'un modèle numérique, les modifications d'un sous-ensemble mécanique à partir des contraintes fonctionnelles				ITEC2	1-5 / 3-2 / 4 / 5-2	
Proposer/choisir l'architecture d'une solution logicielle et matérielle au regard de la définition d'un produit				SIN1	1-5 / 3-4 / 4 / 5-3 / 6-2	
Rechercher et écrire l'algorithme de fonctionnement puis programmer la réponse logicielle relative au traitement d'une problématique posée.				SIN2	1-2 / 4 / 5-3 / 6-1 / 6-2	

DP4 - 3/4 : Liste des compétences sur le cycle terminal STI2D

Objectifs de formation	Compétences développées	IT	I2D	2I2D	Connaissances	
O6 – Préparer une simulation et exploiter les résultats pour prédire un fonctionnement, valider une performance ou une solution	CO6.1. Expliquer des éléments d'une modélisation multiphysique proposée relative au comportement de tout ou partie d'un produit		XX	XX	1-2 / 2-3 / 2-4 / 3 / 5-2 / 5-3 3	
	CO6.2. Identifier et régler des variables et des paramètres internes et externes utiles à une simulation mobilisant une modélisation multiphysique		XX	XX		
	CO6.3. Évaluer un écart entre le comportement du réel et les résultats fournis par le modèle en fonction des paramètres proposés, conclure sur la validité du modèle	X	XX	XX		3 / 6-3
	CO6.4. Choisir pour une fonction donnée, un modèle de comportement à partir d'observations ou de mesures faites sur le produit	X	XX	XX		3 / 6-3
	CO6.5. Interpréter les résultats d'une simulation et conclure sur la performance de la solution				XX	
Dimension scientifique et technique	Simulation d'un usage ou d'un comportement structurel, thermique, acoustique, etc... de tout ou partie d'une construction			AC1	3-1 / 3-2 / 4-1 / 5-1	
	Simulation de procédés pour valider un moyen de réalisation			AC2	3-1 / 3-2	
	Simulation énergétique (électrique, mécanique, thermique, lumineuse, ...) de tout ou partie d'un produit connaissant les caractéristiques utiles et les paramètres externes et internes.			EE1	3-1 / 3-2 / 3-3 / 5-2	
	Simulation de la gestion de la chaîne de puissance			EE2	3-1 / 3-3 / 3-4 / 5-3	
	Simulation mécanique pour obtenir les caractéristiques d'une loi d'entrée/sortie d'un sous-ensemble mécanique ou observer le comportement sous charges d'un assemblage			ITEC1	3-1 / 3-2 / 3-3 / 4-1 / 5-1	
	Simulation de procédés pour valider les formes et dimensions d'une pièce			ITEC2	1 3-1 / 3-2 / 4-1 / 4-3	
Simulation d'un comportement informationnel faisant intervenir un ou plusieurs constituants matériels et/ou traitements logiciels simples d'une chaîne d'information			SIN1	3-1 / 3-4 / 5-3		

DP4 - 4/4 : Liste des compétences sur le cycle terminal STI2D

Objectifs de formation	Compétences développées	IT	I2D	2I2D	Connaissances
<p style="text-align: center;">Dimension d'Ingénierie design</p> <p style="text-align: center;">O7 – Expérimenter et réaliser des prototypes ou des maquettes</p>	<p>CO7.1. Réaliser et valider un prototype ou une maquette obtenus en réponse à tout ou partie du cahier des charges initial.</p> <p>CO7.2. Mettre en œuvre un scénario de validation devant intégrer un protocole d'essais, de mesures et/ou d'observations sur le prototype ou la maquette, interpréter les résultats et qualifier le produit</p> <p>CO7.3. Expérimenter</p>	<p>XX</p> <p>X</p>	<p></p> <p>XX</p>	<p>XX</p> <p>XX</p> <p>XX</p>	<p>1-2 / 6</p> <p>1-2 / 2-1 / 6-2 / 6-3</p>
	<p>Sur des ouvrages ou des maquettes physiques simplifiées et instrumentées pour étudier l'usage ou le comportement d'un ouvrage réel ou celui d'éléments constitutifs et valider des choix techniques</p>			AC1	3-2 / 5-1 / 6-2 / 6-3
	<p>Des procédés de stockage, de production, de transformation, de récupération d'énergie pour aider à la conception d'une chaîne de puissance</p>			EE1	2-1 / 3-3 / 5-2 / 6-2 / 6-3
	<p>Tout ou partie d'une chaîne de puissance associée à son système de gestion dans l'objectif d'en relever les performances énergétiques et d'en optimiser le fonctionnement</p>			EE2	2-1 / 2-3 / 3-3 / 5-2 / 5-3 / 6-2 / 6-3
	<p>Des procédés de réalisation pour caractériser les paramètres de transformation de la matière et leurs conséquences sur la définition et l'obtention de pièces</p>			ITEC1	6-1 / 6-2
	<p>Mesurer des performances d'un constituant ou d'un sous-ensemble d'un produit</p>			ITEC2	3-2 / 3-3 / 6-2 / 6-3
	<p>Des moyens matériels d'acquisition, de traitement, de stockage et de restitution de l'information pour aider à la conception d'une chaîne d'information</p>			SIN1	3-4 / 5-3 / 6-1 / 6-2
	<p>Des architectures matérielles et logicielles en réponse à une problématique posée</p>			SIN2	3-4 / 6

1. Principes de conception des produits et développement durable

2. Approche fonctionnelle et structurelle des produits

2.1. Représentation des flux MEI		IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
<ul style="list-style-type: none"> ■ Notion de flux et de stock. ■ Principaux flux de transfert de matière, d'énergie, d'information. ■ Principes de caractérisation des flux, unités, calcul. ■ Diagrammes de blocs internes IBD (Internal Block Diagram) SysML. ■ Diagrammes de SANKEY (représentation qualitative et quantitative des flux de matière, énergie et information). 			2		3		
2.2. Approche fonctionnelle et structurelle des ossatures et des enveloppes							
2.2.1. Typologie des enveloppes							
<ul style="list-style-type: none"> ■ Principaux types d'enveloppe des produits. ■ Principales fonctions (esthétique, isolations diverses, sécurité, étanchéités ou perméabilités, agencement d'éléments). ■ Caractéristiques, niveaux de performance. 			2	3	3		
2.2.2. Typologie des ossatures							
<ul style="list-style-type: none"> ■ Principaux types de sous-ensembles élémentaires des ossatures (câbles, poutres, parois, plaques, coques, portiques, treillis). ■ Principales caractéristiques des ossatures. 			2	3			
2.2.3. Typologie des assemblages							
<ul style="list-style-type: none"> ■ Principaux assemblages fixes et démontables. 				3	3		
2.3. Approche fonctionnelle et structurelle des chaînes de puissance							
2.3.1. Typologie des chaînes de puissance							
<ul style="list-style-type: none"> ■ Notion de chaîne de puissance. ■ Principales fonctions relatives à la chaîne de puissance : <ul style="list-style-type: none"> – captation d'énergie ; – stockage, transport, distribution ; – conversion, transformation ; 			2		3	3	

<ul style="list-style-type: none"> – modulation, adaptation, transmission. ■ Caractérisation des fonctions. ■ Représentation graphique d'une chaîne de puissance. 	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
2.3.2. Stockage d'énergie		2				
■ Types d'énergie stockée : chimique, électrique, mécanique, thermique.						
2.3.3. Conversion de puissance	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
■ Types de conversion : électrique↔mécanique, chimique→thermique, chimique↔électrique, électrique↔Lumineuse.		2				
2.3.4. Modulation de puissance	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
■ Types de modulation électrique commandée (AC/AC, AC/DC, DC/AC, DC/DC).		2			3	
2.3.5. Adaptation de puissance	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
■ Types d'adaptation : électrique non commandée (AC/AC, AC/DC, DC/AC, DC/DC).		2			3	
2.3.6. Transmission de puissance	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
■ Représentation plane et spatiale des liaisons élémentaires parfaites.		2	3	3		
■ Classes d'équivalences cinématiques, graphe de liaison.						
■ Schéma cinématique, schéma cinématique minimal.						
2.4. Approche fonctionnelle et structurelle d'une chaîne d'information						
2.4.1. Typologie des chaînes d'information	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
■ Notion de chaîne d'information.		2			3	3
■ Principales fonctions relatives à la chaîne d'information : acquérir, traiter, communiquer.						
■ Caractérisation des fonctions.						
■ Représentation graphique d'une chaîne d'information.						
2.4.2. Acquisition et restitution de l'information	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
■ Acquisition d'une grandeur physique (principe, démarches et méthodes, notions requises).		2				3
■ Conditionnement d'une grandeur électrique (mise en forme, amplification, filtrage).		2				3
■ Conversion Analogique/Numérique (CAN).		2				3
2.4.3. Codage et traitement de l'information	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
■ Encodage de l'information : binaire, hexadécimal, ASCII.		2				3
■ Algorithmique.		2			3	3
■ Traitement numérique.		2				3

■ Compression de données.								2
2.4.4. Transmission de l'information	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN		2
■ Typologie des transmissions.		2				3		3
■ Architecture d'un réseau informatique.		2				3		3
■ Architecture Client/Serveur.		1				2		2
2.4.5. Structure d'une application logicielle	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN		2
■ Organisation structurelle d'une application logicielle : (programme principal, interfaces, entrées-sorties, sous programmes, procédures, fonctions).		2				3		3

3. Approche comportementale des produits

3.1. Modélisations et simulations						
	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
3.1.1. Proiciels de simulation		2		3		
■ Typologie des progiciels.						
■ Critères de choix.						
3.1.2. Paramétrage d'un modèle	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
■ Variables internes, variables externes.		2		3		
■ Notion de grandeur flux, grandeur effort.		2			3	
■ Entrées, sources de simulation.		2		3		
■ Sorties, rendus des résultats.		2		3		
3.1.3. Paramétrage d'une simulation	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
■ Typologie des solveurs, pas d'intégration.		2				
■ Compromis précision / temps de simulation.		2				
3.1.4. Post-traitement et analyse des résultats	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
■ Principaux traitements de données postérieurs aux résultats issus de simulation.		2		3		
■ Interprétation des résultats d'une simulation : courbe, tableau, graphe, unités associées.						
3.2. Comportement mécanique des produits						
3.2.1. Concept de mouvement	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
■ Degré de mobilité d'une structure matérielle :		2				
– structure matérielle mobile (mécanisme) ;						
– structure matérielle immobile (structure fixe).						
■ Mouvements des mécanismes (en lien avec la modélisation des liaisons) :		2		3		
– rotation autour d'un axe fixe et translation rectiligne et mouvements plans ;						
– les trajectoires ;						
– les vitesses et accélérations ;						
– analyse/recherche de lois d'entrée-sortie de systèmes mécaniques plans issus d'objets techniques observables.						
■ Comportement des liaisons élémentaires en relation avec les mouvements et les efforts.		2	3	3		

3.2.2. Concept d'équilibre							IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
<ul style="list-style-type: none"> ■ Équilibre des solides : <ul style="list-style-type: none"> – principe fondamental de la statique ; – modélisation des actions mécaniques ; – modélisation des liaisons: liaison complète, pivot, glissière, pivot glissant, rotule, ponctuelle et appui plan ; – résolution d'un problème de statique par progiciel. 								2	3	3		
<ul style="list-style-type: none"> ■ Concept de stabilité et d'instabilité d'un composant ou d'une structure mécanique : <ul style="list-style-type: none"> – équilibre stable et instable ; – phénomène de flambement ; – stabilité d'une structure dans l'espace ; – comportement vibratoire. 									3	2		
<ul style="list-style-type: none"> ■ Transmission des efforts. 								2	3	3	3	
3.2.3. Concept de résistance							IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
<ul style="list-style-type: none"> ■ Résistance à la rupture, résistance à la déformation. 								2	3	3		
<ul style="list-style-type: none"> ■ Résistance des matériaux : <ul style="list-style-type: none"> – hypothèses et modèle poutre ; – notion de contrainte normale ; – pour une sollicitation de traction simple, notion de déformation et loi de Hooke ; – module d'Young ; – limite élastique ; – sollicitation simple de type traction, compression, flexion simple. 												
<ul style="list-style-type: none"> ■ Simulations par éléments finis. 												
<ul style="list-style-type: none"> ■ Déformation et contraintes normales dans une structure isostatique : <ul style="list-style-type: none"> – en flexion simple (poutre isostatique) ; – en traction et en compression simple. 									3	3		
<ul style="list-style-type: none"> ■ Scénario de simulation pour comparer et valider une solution, modifier une pièce ou un sous-ensemble. 									3	3		
3.3. Comportement énergétique des produits												
<ul style="list-style-type: none"> ■ Principe de conservation d'énergie, pertes et rendements, principe de réversibilité. 							IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
<ul style="list-style-type: none"> ■ Natures et caractéristiques des sources d'énergie et des charges. 								2			3	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Natures et caractéristiques des sources d'énergie et des charges. 								2			3	

■ Optimisation des échanges d'énergie entre source et charge, amélioration de l'efficacité.										3	
■ Comportement temporel des constituants d'une chaîne d'énergie.										3	
■ Représentation des phases de transferts et de stockages.											
■ Bilan énergétique d'un produit, rendement, performance énergétique.			3								
3.4. Comportement informationnel des produits											
3.4.1. Nature et représentation de l'information	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN					
■ Nature d'une information.		2				3					
■ Représentation temporelle d'une information.		2				3					
■ Représentation fréquentielle d'une information.						2					
3.4.2. Description et simulation comportementale de l'information	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN					
■ Diagramme de séquence.		2				3					
■ Diagramme d'états, d'activités.		2				3					
3.4.3. Inter-opérabilité des produits	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN					
■ Typologies des communications.		2				3					
■ Liaisons séries : protocoles de communication, sens du flux de données, débit et rapidité de transmission.		2				3					
■ Configuration d'un réseau : – routage de l'information ; – adressage statique, dynamique.		2				3					
■ Communication au sein d'un réseau : – trames TCP/IP, UDP ; – sockets ; – protocoles FTP, http.											2
■ Système temps-réel.											2
3.4.4. Comportement des systèmes régulés ou asservis	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN					
■ Représentation d'une boucle de régulation ou d'asservissement.		2				3					
■ Contrôle du fonctionnement d'un système régulé ou asservi en vue d'un maintien au plus près d'un point de fonctionnement.											3

4. Eco-conception des produits

4.1. Outils de représentation du réel						
4.1.1. Représentation numérique des produits						
	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
■ Élaboration de la maquette numérique d'un produit :	2		3	3		
■ Exploitation de la maquette numérique d'un produit : utilisation des outils de présentation pertinents d'une solution de conception : illustrations 3D de type vues photo réalistes, éclatés, réalité virtuelle et/ou augmentée, nuage de points.	2		3	3		
■ Visite virtuelle d'un ouvrage.			3			
4.1.2. Outils de représentation schématique						
■ Schéma architectural (mécanique, énergétique, informatique, informationnel).	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
■ Schéma électrique.		2		3		
■ Schéma fluidique.		2			3	
■ Représentations planes d'un projet de construction.			2			
4.2. Démarches de conception						
4.2.1. Amélioration de la performance environnementale d'un produit						
■ Outils de l'éco-conception et de l'éco-construction.	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
	2			3		
4.2.2. Choix des matériaux						
■ Caractéristiques des matériaux naturels et artificiels.	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
■ Critères et principes de choix des matériaux, méthodes structurées d'optimisation d'un choix, critères environnementaux.	2		3	3	3	
4.2.3. Choix des constituants						
■ Choix d'une solution : critères de choix associés à une conception ou à l'intégration d'une solution dans un produit - coût, fiabilité, environnement, ergonomie et design - Matrice de comparaison de plusieurs critères.	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
■ Choix de solutions logicielles, d'une unité de traitement et des interfaces.	2					3
4.3. Conception des produits						
4.3.1. Les réseaux intelligents						
■ Structures des réseaux (routiers, informatiques, énergétiques) :	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
– principales caractéristiques : maillé, étoile ;		2				

— composants principaux : nœuds, branches, flux, supervision et pilotage intelligent des réseaux.								
■ Réseaux de transport (fluides) et réseaux communicants.		2	3					
■ Structure d'un réseau de transport et de distribution d'énergie électrique alternatif, caractéristiques et pertes.		2						
■ Distribution et répartition de l'énergie.								
■ Structure des réseaux électriques spécifiques.							2	
■ Structure d'un réseau de production, de transport et de distribution de fluides.								
■ Micro énergies pour dispositifs autonomes.							2	
■ Gestion des réseaux de transport et de distribution de l'énergie, multiplicité et complémentarité des divers procédés (production, stockage, ...).		2						
■ Production décentralisée et coopérative, cogénération.								
■ Optimisation énergétique et performance environnementale.								
4.3.2. Conception bioclimatique, pré dimensionnement des structures et ouvrages	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN		
■ Principes de conception et de pré-dimensionnement des principales solutions constructives :			3					
— principes de conception bioclimatique ;								
— principes de pré - dimensionnement des structures.								
■ Conception des ossatures : bâtiment et ouvrages de travaux publics.			3					
■ Conception des enveloppes.			3					
■ Conception des aménagements et équipements.			3					
4.3.3. Efficacité énergétique passive et active d'un produit	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN		
■ Enveloppe du bâtiment, isolation.		2	3					
■ Rendement énergétique des équipements techniques du bâtiment.		2						
■ Conception de fonctionnalités intelligentes à caractère domotique et immotique.		2						3
■ Récupération par réversibilité de la chaîne de puissance, par revalorisation des pertes.							2	
4.3.4. Conception numérique d'une pièce	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN		
■ Définition numérique d'une pièce d'un produit industriel.				3				
■ Influences du procédé de réalisation et du matériau choisis sur les formes et dimensions d'une pièce simple.				3				
4.3.5. Conception informationnelle des produits	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN		
■ Bilan et nature des entrées-sorties.		2						3
■ Structures de programmation.								

<ul style="list-style-type: none"> ■ Fonctions logicielles. ■ Méthodes et des propriétés utiles en lien avec les librairies choisies. ■ Types de variables. ■ Diagrammes de description. 								
<ul style="list-style-type: none"> ■ Codage dans un langage spécifique. ■ Règles d'écriture (organisation du code, commentaires, documentation...). 						2		3
<ul style="list-style-type: none"> ■ Mise au point 						2		3

5. Solutions constructives

5.1. Constituants des ossatures et enveloppes						
5.1.1. Enveloppe des produits	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
■ Façades mur-rideau, enveloppes construction bois, acier, béton.	2		3			
5.1.2. Fondations, soutènement, porteurs horizontaux et verticaux, contreventement						
■ Soutènements : mur, paroi moulée, terre armée.	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
■ Fondations superficielles et profondes : semelle isolée et filante, pieux.			3			
■ Porteurs verticaux et horizontaux (poteaux, poutres, voiles, planchers), contreventement, charpentes en béton, bois et métal, préfabriqués ou réalisés sur site.			3			
5.2. Constituants de puissance						
5.2.1. Convertisseurs, adaptateurs et modulateurs de puissance	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
■ Convertisseurs.	2				3	
■ Modulateurs de puissance.						
■ Adaptateurs de puissance.						
5.2.2. Stockeurs d'énergie	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
■ Stockage mécanique.					3	
■ Stockage chimique.						
■ Stockage électrostatique.						
■ Stockage thermique.						
5.2.3. Transmetteurs des mouvements						
■ Organes mécaniques de transmission et d'adaptation de puissance :	2			3		
– réducteurs ;						
– transmission par lien flexible ;						
– accouplements.						
■ Organes mécaniques de transformation de mouvement.				3		
■ Guidage en translation et en rotation		2		3		
■ Liaison complète démontable et non démontable.		2		3		
■ Etanchéité.				3		

5.3. Constituants de l'information						
	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
5.3.1. Capteurs, conditionneurs						
■ Capteurs analogiques.	2				3	3
■ Capteurs numériques, détecteurs.						
■ Amplificateurs.						2
■ Filtres passe-bas.						2
■ Convertisseurs analogique-numérique.					2	2
5.3.2. Constituants d'IHM	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
■ Constituants sonores, visuels, tactiles.	2					3
■ Interfaces hybrides.						2
5.3.3. Composants programmables	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
■ Cartes électroniques à microcontrôleur.					2	3
■ Nano ordinateurs.					2	3
■ Objets connectés.					2	3
5.3.4. Composants de transmission de l'information	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
■ Constituants d'un réseau.						3
■ Caractéristiques des bus de communication.					2	3
■ Composants émetteurs et récepteurs pour la transmission sans fil.					2	3

6. Prototypage et expérimentations

6.1. Moyens de prototypage rapide						
	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
■ Prototypage de pièces et de la chaîne d'information.	2			3		
■ Coulage de pièces prototypées en résine et/ou en alliage métallique.				3		
■ Virtualisation de solutions logicielles.						2
6.2. Expérimentations et essais						
	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
■ Protocole d'essai.		3				
■ Sécurité de mise en œuvre.						
■ Expérimentation de procédés.				3		
■ Expérimentation sur les matériaux et sur les structures.		2	3	3		
■ Expérimentations de constituants de la chaîne de puissance.		2			3	
■ Expérimentations de constituants de la chaîne d'information.		2				3
6.1. Vérification, validation et qualification du prototype d'un produit						
	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN
■ Intégration des éléments prototypés du produit.	2			3		
■ Mesure et validation de performances.	2			3		

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

DOSSIER RÉPONSES DR1 - Document à compléter et à rendre par le candidat

DR1 – Modifications techniques à apporter au prototype au niveau de la trémie.

