

# Dossier industriel : patin à roulettes « On Wheelz »

## DEUXIÈME PARTIE

ADRIEN SPACH \*

*Après l'étude scientifique présentée en première partie, nous abordons la séquence pédagogique de ce dossier consacré aux patins à roulettes « On Wheelz ». Que ce soit pour un public prébac ou postbac, ces patins nous semblent pertinents pour l'enseignement des sciences de l'ingénieur.*

Le caractère ludique du dossier permet de susciter l'intérêt des élèves ou du moins de commencer l'activité avec un a-priori positif. Par ailleurs, le fait qu'une start-up soit à l'origine du produit éveillera peut-être davantage encore la curiosité et permettra de sensibiliser les élèves à l'entrepreneuriat. D'autant plus lorsque la start-up est porteuse de valeurs sociétales fortes, comme le fait d'avoir impliqué des personnes d'un établissement de service d'aide par le travail pour l'assemblage des patins à roulettes. Ce modèle d'entreprise peut constituer une bonne référence pour ces futurs ingénieurs potentiels.

Au-delà de l'entreprise qui a conçu ces patins, la problématique scientifique (dimensionnement mécanique d'une pièce) est concrète pour les élèves. La détermination des limites d'utilisation d'un produit, qui débouche ou non sur son optimisation, est une démarche courante dans le monde industriel. D'un point de vue plus pragmatique, le prix de ce support ainsi que son faible encombrement permettent d'en faciliter l'acquisition par un établissement. Enfin, la manipulation est aisée : au moyen d'un seul tournevis, il est possible de démonter la partie mécanique du patin et de manipuler les pièces du système, ce que nous demanderons aux élèves au cours de la séquence pédagogique.

### Public visé

Cette application pédagogique est destinée à une classe de STI2D option Itec. Le choix est motivé par le fait que ce support répond à une grande partie des critères que l'on peut retrouver dans les textes officiels pour cette filière.

### MOTS-CLÉS

Itec, mécanique, résistance des matériaux

L'objet d'étude est facilement manipulable et il fait partie du quotidien. Il s'inscrit pleinement dans les thèmes sociétaux retenus pour l'option Itec : « Améliorer la mobilité de l'utilisateur : équiper un individu ou un environnement afin d'améliorer sa mobilité ».

Parmi les approches possibles, nous allons opter pour la résistance des matériaux. La problématique qui sera proposée aux élèves sera de déterminer si un système est capable de supporter l'utilisation qui en est prévue et de réfléchir, dans le cas contraire, aux éventuelles modifications à y apporter (matériau/géométrie).

Par rapport aux compétences générales de la filière STI2D, la résolution de la problématique proposée permet de contribuer pleinement à l'atteinte de la compétence encadrée en figure 1.

Le thème scientifique retenu sera « l'analyse de la structure et des matériaux des systèmes mécaniques ». Ce thème fait appel à deux centres d'intérêt :

- **CI 03** : Caractérisation des matériaux et structures ;

- **CI 04** : Dimensionnement et choix des matériaux et structures.

Maintenant que le cadre général est fixé, nous allons nous intéresser au positionnement de la séquence dans le cycle de formation, ainsi qu'aux compétences associées.

### Positionnement séquence et compétences

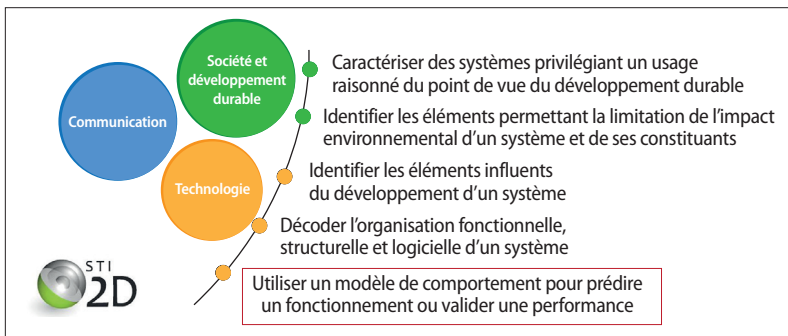
Le thème scientifique retenu se répartit sur les deux années des enseignements technologiques transversaux (ETT), mais c'est au 3<sup>e</sup> semestre que va se dérouler cette séquence, en spécialité Itec. Ce choix est motivé par le nombre de prérequis nécessaires.

Une synthèse du positionnement de la séquence dans le cycle de formation STI2D ETT/Itec est présentée en figure 2. Elle servira à contribuer à l'atteinte des compétences terminales.

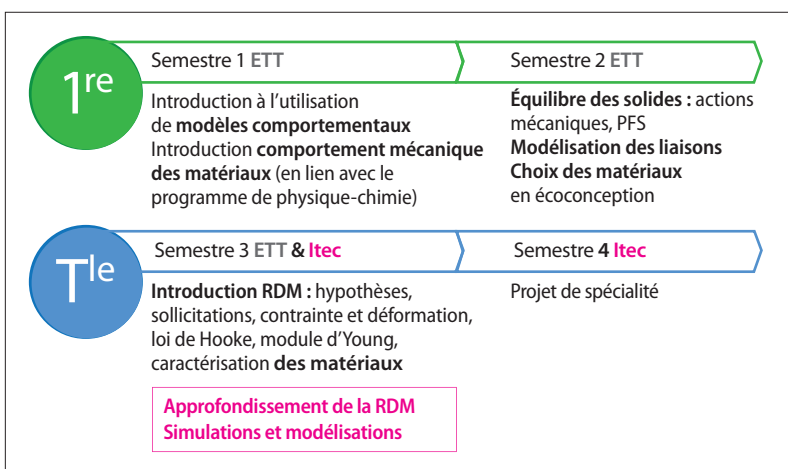
Compétence terminale ETT :

- **C04.4** : Identifier et caractériser des solutions techniques relatives aux matériaux, à la structure, à l'énergie et aux informations (acquisition, traitement, transmission) d'un système.

\* Professeur agrégé de sciences industrielles de l'ingénieur, option mécanique, École normale supérieure de Cachan. Retrouvez la première partie de l'article dans *Technologie* n° 206, janvier-février 2017, p. 34-40.



## 1 Compétences générales de la filière STI2D



## 2 Positionnement séquence dans la formation STI2D

Compétences terminales Itec :

- **C08.itec2** : Interpréter les résultats d'une simulation mécanique pour valider une solution ou modifier une pièce ou un mécanisme ;
- **C08.itec3** : Mettre en œuvre un protocole d'essais et de mesures, interpréter les résultats.

Bien que cet enseignement soit positionné en Itec, il contribue à l'atteinte d'une compétence terminale de l'ETT. En effet, la résistance des matériaux analytique est vue à un niveau taxonomique 2 en ETT et 3 en Itec. Or, il n'y a pas de compétences terminales liées à la résistance des matériaux analytique en Itec, d'où ce choix d'alimenter une compétence terminale de l'ETT via un enseignement d'Itec.

### Modalités de la séquence

#### Prérequis

Nous nous basons sur les connaissances ci-dessous pour construire la séquence pédagogique :

- modéliser les actions mécaniques (programme ETT de première) ;
- savoir relier l'accélération à la valeur de la résultante des forces extérieures dans le cas d'un mouvement uniformément accéléré (programme de physique-chimie de terminale, thème transport) ;

- caractériser les matériaux pour la résistance des matériaux (résistance élastique, etc.) (programme ETT de première et terminale) ;

- maîtriser les bases de la résistance des matériaux, en particulier la notion de contrainte et déformation (programme ETT de terminale, niveau taxonomique 2).

Concernant le deuxième prérequis, il y aura un travail de concertation à effectuer avec le professeur de physique-chimie afin de pouvoir nous appuyer sur cette connaissance lors de la séquence.

### Compétences opérationnelles et savoirs de la séquence

Les compétences terminales décrites ci-dessus se déclinent en compétences opérationnelles, qui s'appliquent uniquement à notre séquence et permettent de mieux en saisir son objectif précis :

- être capable d'identifier qualitativement les pièces les plus sollicitées (système de sollicitations simples) et la localisation des contraintes ;
- calculer les contraintes et les déformations dans une pièce soumise à de la traction/compression ou de la flexion simple ;
- choisir et argumenter le choix d'une modification de géométrie et/ou de matériaux pour de la traction/compression et de la flexion simple (réponse qualitative en flexion simple et quantitative en traction) ;
- analyser les résultats d'une simulation par éléments finis (domaine plastique) et savoir interpréter les écarts avec le réel.

Ceci nous amène logiquement au savoir visé par cette séquence.

**Savoir 2.2** : Comportement mécanique des systèmes :

- suite de la résistance des matériaux (sollicitations simples, contrainte et déformation, loi de Hooke et module d'Young, limite élastique, étude de sollicitation simple), niveau taxonomique 2 en ETT et 3 en Itec, il y a donc un apport d'outils lors de cette séquence ;
- interprétation des résultats d'une simulation, niveau 2, en Itec.

#### Difficultés

Par rapport à l'ensemble de ces compétences et savoirs, un certain nombre de difficultés sont présentes :

- une réflexion « pratique » à avoir pour déterminer qualitativement où se concentrent les contraintes et les modifications à apporter aux pièces ;
- l'influence de nombreux paramètres sur le comportement mécanique (matériau, géométrie, etc.) ;
- un nombre conséquent de prérequis ;
- l'utilisation d'un vocabulaire étendu (pression, contrainte, force, déformation, etc.) ;
- la maîtrise des unités associées à ce vocabulaire.

Bien que ce thème ait déjà été vu en ETT, le vocabulaire et les unités associées restent des éléments difficiles qu'il faudra prendre soin de bien rappeler au cours de la séquence.

**Articulation séquence**

La figure 3 présente le découpage de l'ensemble de la séance.

En STI2D, le modèle inductif est privilégié. La phase d'activation permet ainsi de poser le cadre de la séquence et de détailler son articulation. C'est pendant cette séance que nous effectuerons une évaluation diagnostique.

Concernant les activités pratiques, elles seront réalisées en îlot. Nous aurons quatre îlots de quatre élèves et chaque îlot aura pour objet d'étude une partie d'un des systèmes présentés. Pour les quatre îlots, deux groupes de deux élèves seront formés.

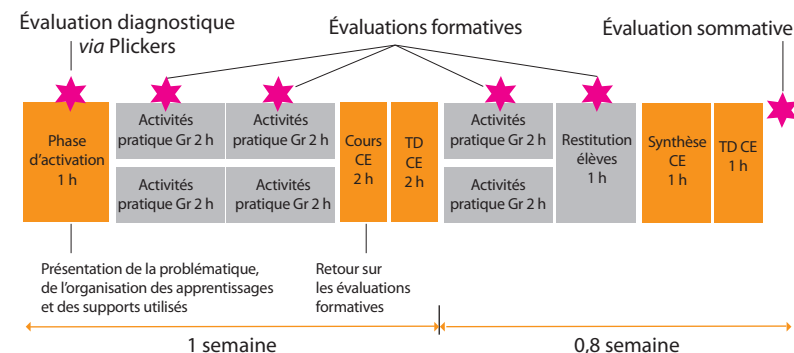
Chaque groupe avancera pour atteindre les objectifs de l'activité, mais selon une démarche différente : un des groupes suivra une démarche plus analytique et numérique, pendant que l'autre groupe aura une démarche expérimentale.

À la fin de l'activité, les élèves d'un même îlot se rassemblent pour partager leurs résultats, identifier les écarts et en comprendre les causes. Cette démarche permet entre autres d'initier les élèves à l'ingénierie simultanée.

Après les deux premières activités pratiques, le cours et les travaux dirigés (TD) en classe entière permettront de formaliser les connaissances découvertes et appliquées lors de ces activités. À la suite de la dernière activité pratique, pendant une heure, les élèves restitueront leurs travaux au reste de la classe (environ 10 minutes de restitution et 5 minutes de questions/réponses). Étant donné que tous les îlots ont travaillé sur des parties différentes (d'un même support parfois), cette restitution permet à chaque élève de s'approprier les études qu'il n'a pas réalisées.

**Évaluations**

Trois types d'évaluation seront mis en place.



3 Articulation de la séquence

La démarche permet d'initier les élèves à l'ingénierie simultanée

**1. Diagnostique** : effectuée au début de la séquence, cette évaluation non notée a pour objectif de vérifier les prérequis (vus entre autres au S3 en ETT). Cette évaluation sera faite via l'application Plickers qui permet de faire des questionnaires instantanés au moyen d'une feuille de papier par apprenant comportant un QR-Code et d'une caméra (smartphone) pour la classe. L'utilité de ce type d'outil dans le cas présent est double :

- identifier instantanément les lacunes des élèves, effectuer une rapide mise à niveau au cours de la phase d'activation et mettre davantage l'accent au cours de la séquence sur les notions (ex : vocabulaire, unités, etc.) non maîtrisées ;
- avoir une idée précise de ce qui est bien maîtrisé pour s'appuyer dessus au cours de la séquence.

**2. Formative** : pour chaque TP, une évaluation formative, notée, est effectuée. Elle permet de situer la progression de l'apprenant par rapport aux objectifs de l'activité et d'effectuer une remédiation si nécessaire lors des séances suivantes. Cette évaluation se décline en deux façons :

- à l'écrit, via une fiche de formalisation (dont un exemple est joint en annexe de cet article), qui permet évidemment d'évaluer les élèves mais surtout de leur permettre de capitaliser les savoirs et savoir-faire acquis au cours de la séance ;
- à l'oral, en observant les élèves travailler lors des activités et en évaluant leur autonomie, leur rigueur scientifique, le vocabulaire scientifique et technologique choisi, etc. L'évaluation formative de la séance de restitution se fera exclusivement à l'oral.

**3. Sommative** : en fin de séquence, une évaluation de deux heures est proposée afin de dresser un bilan des connaissances et compétences des élèves.

**Détail des activités pratique**

Le thème sociétal retenu est le transport. C'est dans ce cadre qu'ont été choisis les deux supports d'activités pratiques : les patins « On Wheelz » et le planeur solaire. Ces deux supports permettent de répondre aux mêmes compétences opérationnelles en proposant des manipulations similaires et une démarche identique associée à la résistance des matériaux.

Pour les deux premières activités, nous considérons quatre îlots de quatre élèves, puis huit binômes pour la dernière activité. Une synthèse des activités pratique est proposée en figure 4.

**Première activité**

Pour commencer, nous entendons présenter l'objet d'étude et ses sollicitations. Les quatre objets d'étude qui seront distribués aux quatre îlots pour les deux premières activités sont les suivants :

Activité pratique 1 (2 heures)



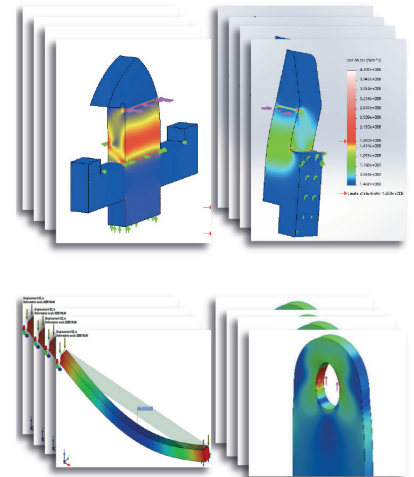
Deux planeurs solaires  
Une paire de rollers

Activité pratique 2 (2 heures)



Deux bancs Deltalab

Activité pratique 3 (2 heures)



Un poste par élève  
16 postes

4 Synthèse des activités pratiques

- une pièce Stop\_X en aluminium du patin à roulettes « On Wheelz » ;
- un des crochets arrières en aluminium du patin « On Wheelz » ;
- une partie du fuselage du planeur ;
- une partie de l'aile du planeur.

Pour l'ensemble des activités pratiques, nous nous intéresserons davantage au déroulement des activités (étapes, résultats attendus, etc.) pour les deux îlots traitant le patin à roulettes. Cependant, la démarche globale est la même pour le planeur solaire.

Le déroulement de l'activité présentée en figure 5 s'appuie sur le support matériel que les étudiants pourront démonter à leur guise, sur la description SysML, sur la documentation constructeur (dont la CAO) ainsi que sur SolidWorks.

À chaque étape, les résultats des élèves sont relevés afin de pouvoir guider ceux qui n'aboutissent pas. Le groupe 1 suivra une démarche plus numérique, alors que le groupe 2 aura une démarche expérimentale.

Le sujet de TP qui sera remis aux élèves de l'îlot n° 1 (traitant la pièce Stop\_X du patin à roulettes) est présenté en annexe 2. Ce sujet fait aussi office de fiche de formalisation.

Deuxième activité

De façon similaire à la première activité, parmi les deux îlots traitant le patin « On Wheelz », un groupe mènera la démarche analytique suivante :

- détermination du module d'Young et de la résistance élastique en exploitant des courbes de traction de la pièce considérée ;
- en faisant l'hypothèse de modèle poutre sur la partie droite de la pièce sollicitée (hypothèse cohérente dans le cas du Stop\_X ou du crochet arrière), calcul des contraintes en traction/compression ou

ÎLOT

- Identifier les **cas d'utilisation** les plus critiques au moyen d'une vidéo
- Déterminer le **type de sollicitations** en jeu

Résultat attendu : flexion simple pour les deux pièces étudiées du roller

GRUPE 1

- Déterminer l'accélération d'un utilisateur lors d'un saut grâce à une **vidéole** filmant
- Relier l'accélération de l'utilisateur à l'effort exercé sur un patin

GRUPE 2

Instrumenter un élève (à l'aide d'un accéléromètre) pour **déterminer l'accélération** lors d'un saut

Résultat attendu : effort par patin de l'ordre de 1 000 N

GRUPE 1

- Analyser la **modélisation** d'une simulation par éléments finis de la pièce pour trouver la **localisation de l'effort** appliqué par la chaussure
- Utiliser un modèle simplifié pour **calculer l'effort appliqué à la pièce** en fonction de l'effort déterminé

GRUPE 2

Identifier qualitativement, via manipulation, la **localisation de l'effort** extérieur de la chaussure appliqué à la pièce (support : jeu de pièces qui ont déjà été sollicitées)

Résultat attendu : localisation des surfaces de contact identique à celle identifiée lors de la partie scientifique et effort sur la pièce de l'ordre de 400 N

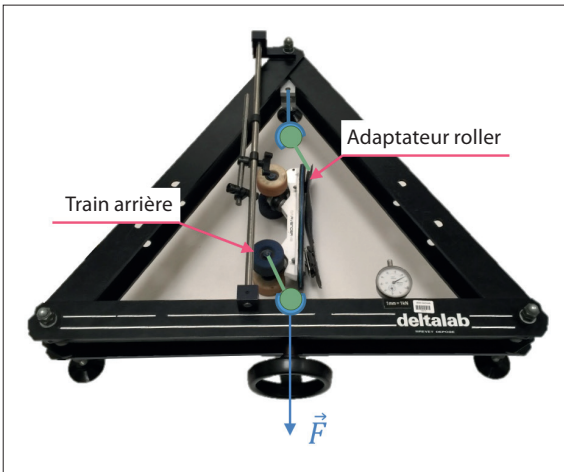
ÎLOT

Faire converger les résultats et analyser les écarts entre les deux groupes

5 Déroulement de l'activité pratique 1

en flexion simple selon la pièce étudiée (formule de la répartition des contraintes normales dans l'épaisseur fournie pour la flexion simple), en prenant pour effort d'entrée la plus grande des deux valeurs obtenues lors de la première activité multipliée par deux (coefficient de sécurité).

**Résultat attendu pour les deux îlots traitant le patin à roulettes** : la pièce plastifie lors du chargement.



6 Banc Deltalab pour expérimenter le patin à roulettes « On Wheelz »

En parallèle, le second groupe mènera la démarche expérimentale suivante :

- mise en place du banc d'essai DeltaLab 6 avec les adaptateurs nécessaires pour accoupler la pièce étudiée (dans le cas du patin à roulettes, si l'objet d'étude est la pièce Stop\_X, l'adaptateur patin à roulettes et le train arrière seront en liaison rotule avec le banc Deltalab comme présenté sur la figure);
- application d'un effort égal au double de la plus grande des deux valeurs obtenues lors de la première activité.

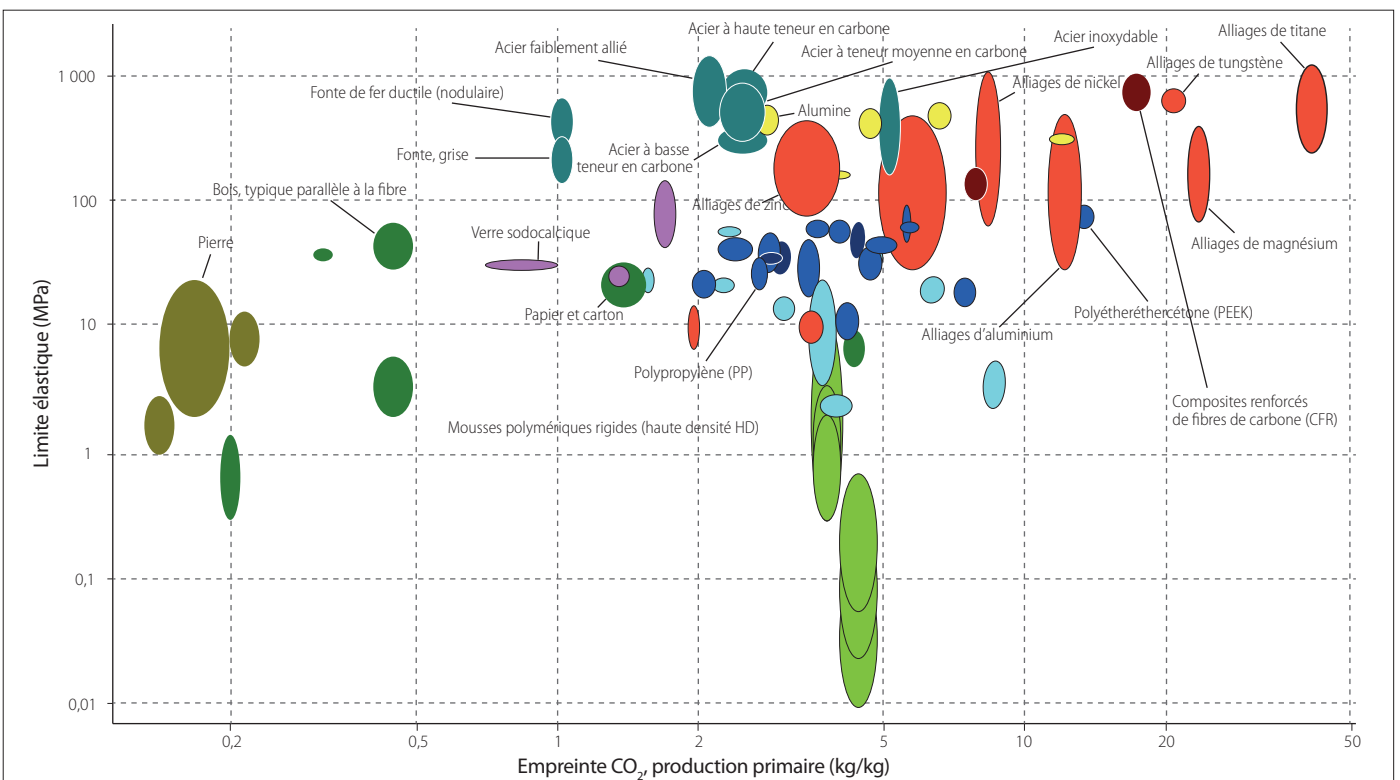
**Résultat attendu pour les deux îlots traitant le patin à roulettes :** la pièce s'est déformée de façon plastique lors du chargement (résultat visuel). NB : si le temps le permet, il pourrait être intéressant de recommencer la manipulation en changeant le matériau de la pièce afin que les élèves puissent ressentir, avec le banc d'essai, l'impact de ce changement.

Lors de cette activité, les quatre îlots sont amenés à utiliser le banc DeltaLab ; heureusement, la manipulation sur le banc est courte, d'où la possibilité de se contenter de deux bancs.

En fin d'activité, les deux groupes se rassemblent pour partager leurs résultats. Suite à cela, ils réfléchissent ensemble aux caractéristiques à modifier (degrés de liberté : matériaux et géométrie) pour respecter le cahier des charges suivant :

- la pièce ne doit pas plastifier (ou seulement sur les surfaces de contact) afin de résister à un cycle de sollicitations;
- la géométrie de la pièce doit être compatible avec la platine correspondante de l'adaptateur;
- le matériau de la pièce doit avoir l'empreinte carbone la plus faible possible pour tenir compte de l'aspect écologie abordé dans les arguments de vente du produit;
- la pièce est utilisée en extérieur, le matériau doit donc résister à la corrosion.

Pour ce faire, ils auront à leur disposition le graphique 7 issu de CES EduPack.



7 Cartographie des matériaux classés par leur limite élastique en fonction de leur empreinte carbone

**Résultat attendu pour les deux îlots traitant le patin à roulettes :** propositions de changement de matériaux et/ou de la géométrie de la pièce étudiée, en privilégiant une augmentation de l'épaisseur de la pièce.

### Troisième activité

Lors de la dernière activité, chaque élève sera sur un poste comprenant la suite SolidWorks Simulation. Avec l'appui d'un tutoriel vidéo expliquant la simulation par éléments finis et l'ancienne maquette CAO de la pièce étudiée, il devra effectuer les modifications sur sa pièce (matériau, géométrie) en procédant de manière itérative : une et une seule modification par simulation. L'objectif de cette démarche est que les élèves puissent caractériser l'impact de chaque critère de façon indépendante.

Au cours de l'activité, chaque élève remplira la fiche de synthèse de cette activité en résumant l'impact de chaque modification sur la résistance mécanique de la pièce afin de conclure sur la pertinence de ces modifications. Les îlots pourront en profiter pour rassembler leurs résultats et commencer à préparer leur restitution.

**Résultats attendus pour les deux îlots traitant le patin à roulettes :** une modification de l'épaisseur de la pièce est bien plus efficace qu'une modification de sa largeur. Par ailleurs, l'utilisation de l'acier à la place de l'aluminium permet à elle seule de répondre au cahier des charges, une modification de la géométrie n'est donc pas nécessaire.

### SOURCES

Programme STI2D du 17 mars 2011 (pour la structuration du programme et des compétences associées) :

[http://cache.media.education.gouv.fr/file/special\\_3\\_MEN/04/9/techno\\_transversaux\\_specifiques\\_specialites\\_STI2D\\_171049.pdf](http://cache.media.education.gouv.fr/file/special_3_MEN/04/9/techno_transversaux_specifiques_specialites_STI2D_171049.pdf)

Ressources pour le cycle terminal : enseignements technologiques transversaux et enseignements spécifiques (série STI2D) de juin 2011 (pour l'articulation et le fonctionnement de la filière STI2D et de la spécialité Itec) :

[http://media.eduscol.education.fr/file/STI2D/15/2/LyceegT\\_Ressources\\_STI2D\\_T\\_Enseignement\\_Technologique\\_Specifiques\\_182152.pdf](http://media.eduscol.education.fr/file/STI2D/15/2/LyceegT_Ressources_STI2D_T_Enseignement_Technologique_Specifiques_182152.pdf)

Arrêté du 27 mai 2010 portant organisation et horaires des enseignements des classes de première et terminale [...] (STI2D) (pour le découpage horaire de la filière STI2D et de la spécialité Itec) :

<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000022275706&categorieLien=id>

Exemple d'organisation pédagogique et de contenus de séquences pour le transversal (D. Taraud et M. Rage) d'octobre 2011 (pour l'organisation et l'articulation de ma séquence) :

<http://eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr/sti/files/seminaires/3839/3839-3b-presentation-sequences-sti2d-v4.pptx>

Organisation pédagogique du laboratoire en îlot (C. Lusseau) du 11 mai 2015 (pour l'utilisation du fonctionnement en îlot) :

[http://www.sti.ac-versailles.fr/IMG/pptx/organisation\\_pedagogique\\_ilots\\_11\\_05\\_15.pptx](http://www.sti.ac-versailles.fr/IMG/pptx/organisation_pedagogique_ilots_11_05_15.pptx)

## FLANEURZ

Au départ, un rêve d'enfant ; à l'arrivée, un produit breveté : les patins à roulettes détachables Flaneurz. Plus de deux années de recherche et développement ont permis à Florian Gravier et Arnaud Darut-Giard de passer du prototype fonctionnel à la production, cela notamment grâce à l'accompagnement de partenaires et d'experts :

- le laboratoire Conception de produits et innovation ;
- l'atelier de prototypage Arts et métiers ParisTech ;
- l'Institut national de podologie ;
- les bêta testeurs avec leur grande expérience des composants et de la pratique du rollerskate.

Tous les prototypes ont été conçus, développés, fabriqués et assemblés au sein du centre de prototypage de Arts et Métiers ParisTech. Sur ces prototypes, toutes les pièces ont été validées tant sur l'aspect technique (fonctionnement mécanique, résistance à l'usure...) qu'en termes de confort, de performance et de fiabilité, répondant ainsi à l'ensemble de nos exigences.

La marque a lancé son e-shop en juin 2016 et, aujourd'hui, plus de 600 flâneurs déambulent avec des Flaneurz aux pieds dans le monde entier.

La clika a remporté de nombreux prix en 2016 : Challenge de la Création (1<sup>er</sup> prix dans la catégorie « Innovation »), Talents des Cités (un régional, un national et le Grand Prix), Com Une Start-up (Storytelling, Financement et le Grand Prix) et Trophée Espoirs de l'Économie (1<sup>er</sup> prix dans la catégorie « Créateur »).



Arnaud Darut-Giard (à gauche) et Florian Gravier (à droite)

## Annexe 1 : Fiche séquence

SÉQUENCE Comportement mécanique des matériaux en ITEC						
CONTEXTE	<b>Thème :</b> Analyse de la structure et des matériaux des systèmes mécaniques					
	<b>Problématique :</b> Déterminer si un système est capable de supporter l'utilisation qui en est prévue, sinon le modifier en conséquence (matériau / géométrie)					
	<b>Situation de la progression :</b> S1 S2 S3 S4					
	<b>Compétences terminales principales de la séquence :</b> - C04.4 : Identifier et caractériser des solutions techniques relatives aux matériaux, à la structure - C07.itec4 : Définir, à l'aide d'un modèleur numérique, les modifications d'un mécanisme à partir des contraintes fonctionnelles - C08.itec2 : Interpréter les résultats d'une simulation mécanique pour valider une solution ou modifier une pièce ou un mécanisme					
ORGANISATION	<b>Centres d'intérêt abordés dans la séquence :</b> CI 3 Caractérisation des matériaux et structures CI 4 Dimensionnement et choix des matériaux et structures					
	Nombre de semaines		1,8 sem			
	Total horaire élève (dont évaluation sommative)		16 heures			
			Nombre d'élèves maximum : 16			
		Répartition : 4 ilots de 4 élèves (activité #1 et #2) puis 8 binômes (activité #3)				
		<b>Activités en groupes allégés</b>				
	<b>Cours</b>		<b>Activités en groupes allégés</b>			
	Sem 1	1h	#	Activité pratique 1	Activité pratique 2	Activité pratique 3
			Support principal	Roller On Wheelz x1 Planeur solaire x2	Bras daltalab x2	SolidWorks Simulation x8
	Sem 2	2h	Durée activité	2 h	2 h	2 h
Objectifs activité			- Caractériser les matériaux d'un système - Identifier qualitativement les pièces les plus sollicitées dans un système (pour des sollicitations simples) - Calculer les efforts correspondants	- Calculer les contraintes et les déformations dans une pièce soumise à de la traction/compression ou de la flexion simple (dépend du support) - Mettre en œuvre un protocole d'essais et de mesures en résistance des matériaux	- Proposer des modifications d'un composant (degrés de liberté : matériaux et géométrie) pour répondre au cahier des charges - Effectuer une simulation numérique par éléments finis (tutoriel d'accompagnement) - Analyser les résultats de la simulation et interpréter les écarts avec le réel	
Sem 1	1h	<b>Séance 1 :</b> contenu du cours calibré sur les résultats de l'évaluation diagnostique effectuée en direct via Plickers (mise à niveau par rapport à l'ETT S3)				
Sem 2	1h	<b>Séance 2 :</b> - Contrainte et déformation pour sollicitations simples - Comportement des matériaux : domaine plastique et élastique - Loi de Hooke, module de Young et limite élastique - Ordre de grandeur limite élastique des principaux matériaux  <b>Séance 3 :</b> - Démarche d'une simulation numérique (modélisation, hypothèses, etc.) - Lecture de résultats d'une simulation numérique - Modification classique d'une pièce en fonction des résultats d'une simulation numérique				

L'ensemble des informations présentées pour cette séquence a été résumé dans la fiche de séquence proposée en annexe 1 de cet article.

### Conclusion

Cette séquence se situe à la fin du cycle de formation des élèves de STI2D option Itec. Les connaissances et compétences acquises lors de cette séquence n'ont pas pour objectif de constituer des prérequis pour une séquence suivante de terminale STI2D. Elles pourront cependant être réinvesties dans l'épreuve de projet ou encore dans la poursuite d'étude. En effet, ces derniers se dirigent vers les mêmes études post-bac que les élèves de terminale SSI, les acquis de la séquence seront des éléments sur lesquels les élèves de STI2D pourront s'appuyer et notamment ceux qui se dirigent vers une CPGE ou un IUT GMP. ■

**Remerciements :** je souhaite adresser mes plus vifs remerciements à tous ceux qui m'ont apporté leur aide et leur soutien pour la réalisation de ce dossier industriel d'agrégation et notamment François Louf (maître de conférences à l'École normale supérieure de Paris-Saclay) pour sa contribution et ses précieux conseils, l'entreprise Flaneurz et en particulier Arnaud Darut-Giard et Florian Gravier (fondateurs de Flaneurz) pour leur confiance et leur disponibilité, et enfin Marie Dousset pour ses précieuses relectures et son soutien sans faille.

## Agrégation de SII : l'épreuve de dossier industriel

L'épreuve de dossier industriel de l'agrégation externe de science industrielle de l'ingénieur, quelle que soit l'option présentée, a pour but de vérifier que le futur enseignant est capable de rechercher les supports de son enseignement dans le milieu économique et d'en extraire des exploitations pertinentes pour son enseignement, quel que soit le cycle de formation.

Dans l'évaluation du travail du candidat, le jury attache une importance particulière à la pertinence du support et à sa capacité à susciter l'intérêt des élèves ou étudiants pour motiver leur apprentissage. Les SII contribuent à l'amélioration de la société ! Les sujets d'étude proposés doivent donc coller au plus près aux problématiques des apprenants, quel que soit leur âge.

À travers la réalisation de son travail de préparation du concours, le futur enseignant doit prendre conscience que la recherche de supports de formation est une activité que l'enseignant de SII mène tout au long de sa carrière. Cela participe au maintien à jour de ses connaissances, mais aussi et surtout à l'intérêt de son travail et à la qualité de son lien avec ses élèves et étudiants.

### Laurent Champaney

Directeur général d'Arts et Métiers ParisTech

Président du jury de l'agrégation externe SII-IM, sessions 2017

## Annexe 2 : Fiche de formalisation activité n° 1 – îlot n° 1 Patin à roulettes « On Weelz »

### Durée :

2 h, la durée indicative de chaque question est notée entre parenthèses.

### Objectifs généraux de l'activité :

- caractériser les matériaux d'un système ;
- identifier qualitativement les pièces les plus sollicitées dans un système (pour des sollicitations simples) ;
- calculer les efforts correspondants.

### Modalités :

Quatre îlots sont formés, votre îlot traitera la pièce Stop\_X en aluminium du patin à roulettes « On Wheelz ». Au sein de chaque îlot, deux groupes sont formés.

### Ressources à disposition par îlot :

- l'objet d'étude global (un patin à roulettes au complet dont les pièces ont déjà été sollicitées) ;
- la description SysML de l'objet d'étude global ;
- la documentation constructeur (présentation générale courte, maquette CAO et résultats de simulation par éléments finis) ;
- un poste de travail avec SolidWorks, SolidWorks Simulation, ainsi que le tableur Excel ;
- une vidéo d'un professionnel du patin à roulettes ;
- une vidéo didactique de SolidWorks ;
- un accéléromètre relié au poste de travail avec un logiciel d'acquisition.

Les icônes suivantes permettent de distinguer les activités à réaliser par tout l'îlot ou par chaque groupe :



●● **Question 1** (20 min) : En analysant le support global (patin à roulettes) mis à votre disposition ainsi qu'à l'aide de la description SysML, réaliser ci-dessous un schéma à main levée du patin en indiquant les différents matériaux utilisés (pour les roues, la semelle du patin à roulettes, les trains, etc.). Justifier les choix de matériaux effectués par le constructeur.

●● **Question 2** (15 min) : En visionnant la vidéo du professionnel du patin à roulettes mise à votre disposition, identifier les deux cas d'utilisation qui vous semblent solliciter le plus le patin à roulettes. À partir de là, identifier le type de sollicitation subi par la pièce étudiée (traction, compression, flexion simple).

### Point de passage avec le professeur

●● **Question 3\_A** (20 min) : À partir de la vidéo précédente, sélectionner une phase de saut. Au moment où le professionnel commence sa phase de poussée jusqu'au moment où il n'a plus contact avec le sol, relever une dizaine de points (temps en secondes, position du professionnel en mètres) en vous aidant de l'échelle mise à disposition. Remplir le tableur Excel prérempli et déterminer la vitesse ainsi que la moyenne de l'accélération correspondant à la phase de poussée.

●● **Question 4\_A** (15 min) : En considérant le mouvement uniformément accéléré, déterminer l'effort exercé par le professionnel sur les patins à roulettes lors de la phase de poussée en prenant pour masse du professionnel  $m = 70$  kg, ainsi que la gravité  $g = 9,81$  m.s<sup>-2</sup>. En supposant que cet effort soit repris équitablement par les deux patins à roulettes, déterminer l'effort que reprend un seul patin.

●● **Question 3\_B** (20 min) : Instrumenter un des deux élèves du groupe en fixant l'accéléromètre au niveau de la ceinture. Lancer le logiciel d'acquisition en vous aidant de la documentation mise à disposition. Lancer l'acquisition afin d'obtenir l'accélération lors d'un saut vertical de l'élève.

Effectuer cette démarche trois fois de suite et relever les accélérations correspondantes à la phase de poussée (lorsque l'élève est encore en contact avec le sol), effectuer une moyenne des trois essais.

●● **Question 4\_B** (15 min) : En considérant le mouvement uniformément accéléré, déterminer l'effort exercé par l'élève sur le sol lors de la phase de poussée en prenant pour gravité  $g = 9,81$  m.s<sup>-2</sup>. En supposant que cet effort soit repris équitablement par les deux jambes, déterminer l'effort que fournit une jambe.

### Point de passage avec le professeur

●● **Question 5\_A** (15 min) : À partir de la vidéo didactique de SolidWorks, ouvrir la simulation de résistance des matériaux effectuée sur la pièce considérée. En analysant la modélisation effectuée, réaliser un schéma de la pièce à main levée en indiquant où est localisé l'effort exercé par la chaussure sur la pièce.

●● **Question 6\_A** (5 min) : Une partie importante de l'effort calculé lors de la question 4 est reprise par la semelle du patin à roulettes et notamment par adhérence avec la semelle lors d'un saut. En appliquant la formule donnée ci-dessous (en considérant  $S_1 = \{\text{patin à roulettes ; utilisateur}\}$ ), déterminer l'effort repris uniquement par la pièce considérée. Vous trouverez le coefficient de frottement  $f$  de l'interface patin-chaussure dans la documentation SysML. L'angle de 35° correspond à l'angle formé par la direction du patin avec la normale au sol.

$$F_{\text{Sol} \rightarrow \text{STOP\_X}} = \cos(35) \cdot F_{\text{Sol} \rightarrow \Sigma_1} - f \times \sin(35) \cdot F_{\text{Sol} \rightarrow \Sigma_1}$$

●● **Question 5\_B** (15 min) : En observant les pièces du patin sollicitées mises à votre disposition, effectuer un schéma de la pièce à main levée en indiquant où est localisé l'effort exercé par la chaussure sur la pièce.

●● **Question 6\_B** (5 min) : Une partie importante de l'effort calculé lors de la question 4 est reprise par la semelle du patin à roulettes et notamment par adhérence avec la semelle lors d'un saut. En appliquant la formule donnée ci-dessous (en considérant  $S_1 = \{\text{patin à roulettes ; utilisateur}\}$ ), déterminer l'effort repris uniquement par la pièce considérée. Vous trouverez le coefficient de frottement  $f$  de l'interface patin-chaussure dans la documentation SysML. L'angle de 35° correspond à l'angle formé par la direction du patin à roulettes avec la normale au sol.

$$F_{\text{Sol} \rightarrow \text{STOP\_X}} = \cos(35) \cdot F_{\text{Sol} \rightarrow \Sigma_1} - f \times \sin(35) \cdot F_{\text{Sol} \rightarrow \Sigma_1}$$

### Point de passage avec le professeur

●● **Convergence** (20 min) : Partager vos résultats avec l'autre groupe de l'îlot, analyser les écarts entre ces résultats et en identifier les causes.

### Point de passage avec le professeur