

Concevoir un patrimoine de création pour une start-up *deeptech* en phase de *scale-up*

Louise Taupin (auteur correspondant)
Centre de gestion scientifique (CGS), Institut
interdisciplinaire de l'innovation (i3), Mines Paris – PSL
60, boulevard Saint-Michel, 75006 Paris, France
Bpifrance, direction Deeptech
louise.taupin@yahoo.com

Pascal Le Masson
Centre de gestion scientifique (CGS), Institut
interdisciplinaire de l'innovation (i3), Mines Paris – PSL
60, boulevard Saint-Michel, 75006 Paris, France

Blanche Segrestin
Centre de gestion scientifique (CGS), Institut
interdisciplinaire de l'innovation (i3), Mines Paris – PSL
60, boulevard Saint-Michel, 75006 Paris, France

Résumé : La perspective d'une résolution des *grand challenges* par l'innovation technologique justifie l'intérêt porté aux start-up *deeptech*. Celles-ci développent en effet des solutions technologiques, qu'elles cherchent à déployer massivement lors de leur phase de *scale-up*. Néanmoins, elles restent confrontées aux difficultés de cette étape, qui démarre à partir de la validation du modèle d'affaires. Cette recherche propose de compléter les résultats de la littérature sur les modèles d'affaires sur la phase de *scale-up* par une approche issue de la conception, plus adaptée au cas d'entreprises technologiques. À partir d'une recherche-intervention menée au sein d'une start-up *deeptech* de l'agriculture urbaine, le recours à un outil de la conception axiomatique permet de mettre en évidence l'intérêt de distinguer la validation des éléments du modèle d'affaires de leur préservation, pour garantir un alignement des développements ultérieurs de la start-up *deeptech* avec les enjeux de résolution des grands défis simultanément.

Mots-clés : start-up *deeptech*, *scale-up*, patrimoine de création, conception, modèle d'affaires

Citation : pour citer cet article, utiliser la référence officielle indexée ► Taupin, L., Le Masson, P., & Segrestin, B. (2024). Concevoir un patrimoine de création pour une start-up *deeptech* en phase de *scale-up*. *M@n@gement*, 27(3), 30–44.
<https://doi.org/10.37725/mgmt.2024.8889>

Les principaux résultats de cet article ont été présentés lors de la conférence de l'AIMS à Annecy, en juin 2022.

Introduction

L'émergence de *grand challenges* face aux problématiques sociétales contemporaines (George *et al.*, 2016) appelle à des innovations scientifiques et techniques majeures et à leur déploiement à grande échelle, comme la récente pandémie de la covid-19 l'a montré. Étant donné la grande complexité technologique des problématiques à traiter, leur résolution fait appel aux derniers résultats de la recherche et contribue à développer de nouveaux produits à travers la création de start-up *deeptech*. C'est la présidente-directrice générale de la plateforme d'investissement Propel(x), Swati Chaturvedi, qui est à l'origine du terme « *deeptech* », ou « *deep technologies* » (Chaturvedi, 2015), pour qualifier des start-up qui sont « construites sur des découvertes scientifiques tangibles ou sur des innovations techniques [...] pour résoudre des grands défis, qui affectent réellement le monde autour d'elles¹ » (quatrième paragraphe).

Compte tenu du critère d'impact relatif à ces *grand challenges*, les solutions développées par les start-up *deeptech* ont vocation à se diffuser largement. C'est tout l'enjeu de la réussite de leur phase de *scale-up*, à savoir le moment où « l'entreprise est capable d'augmenter ses revenus à un rythme plus rapide que ses coûts, ce qui la fait changer d'échelle² » (Monteiro, 2018, p. 103). Les programmes d'accompagnement mis en place par la mission French Tech, et plus particulièrement les programmes³ FT120 et Next40, sont un exemple de dispositif de

¹ « built on tangible scientific discoveries or engineering innovations [...] to solve big issues that really affect the world around them »

² « the firm is able to increase its revenue at a rate faster than its costs, thus gaining scale »

³ On trouve sur le site de La French Tech une brève description des start-up sélectionnées pour ces deux programmes ainsi que des critères retenus : « le French Tech Next40/120 est un programme d'accompagnement de l'État dédié aux start-up françaises les plus performantes et en capacité de devenir des leaders technologiques de rang mondial. Les 120 start-up du programme sont sélectionnées sur des critères de performance économique (levée de fonds ou hypercroissance des revenus). La promotion 2023 est par ailleurs la première à intégrer des

soutien au développement et sont ainsi conçus pour « apporter un appui individuel et collectif sur des points stratégiques tels que le développement international, le financement, le recrutement, l'implantation territoriale, la propriété intellectuelle, les enjeux réglementaires⁴ ». Toutefois, la faible proportion de start-up *deeptech*⁵ dans ces programmes, mise en rapport avec l'importance des défis qu'elles se donnent pour mission de relever, ainsi que la très forte proportion de solutions web ou logicielles proposées par les start-up⁶ du Next40 fournissent une première preuve de la difficulté du *scale-up* pour les start-up *deeptech*.

Les défis étant nombreux dans le processus d'innovation, beaucoup ont cherché à comprendre et à faciliter les mécanismes de développement des start-up (par exemple : Ries, 2011 ; Sarasvathy, 2001). Cette question du *scale-up* suscite de nombreuses interrogations, en particulier dans la conception d'un modèle d'affaires « scalable », au sens de reproductible (Lund & Nielsen, 2018) : le *scale-up* est la reproduction des éléments d'un modèle d'affaires préalablement validés. Néanmoins, Sanasi (2023) montre la poursuite d'expérimentations au cours de cette phase, qui surviennent malgré l'apparente validation des éléments du modèle d'affaires. Cubero et Segura (2020) évoquent de « possibles activités exploratoires qui pourraient toujours être nécessaires pendant la phase de *scale-up*⁷ » (p. 14), soulignant aussi la dimension exploratoire de la phase de *scale-up*. Le travail d'exploration mené au cours de cette phase vient contredire la validation des éléments du modèle d'affaires. En effet, ceux-ci validés, ils ne devraient plus faire l'objet d'exploration.

engagements sociaux et environnementaux. » La French Tech. (s. d.). *French Tech Next 40/120*. <https://lafrenchtech.com/fr/la-france-aide-les-startup/french-tech120-2/>

⁴ Extrait de La French Tech. (n.d.). *French Tech Next 40/120*. <https://lafrenchtech.com/fr/la-france-aide-les-startup/french-tech-120-2/>

⁵ Sur les quatre premières promotions, les start-up *deeptech* représentent environ 20 % des entreprises sélectionnées (à partir de la liste des start-up de l'observatoire des *deeptech* géré par Bpifrance).

⁶ Sur les promotions 2020 et 2021 du Next40, plus de 90 % des entreprises du programme proposent des solutions web ou logicielles.

⁷ « possible explorative activities that may still be needed during the scale up phase »

Par ailleurs, les études sur le *scale-up* des modèles d'affaires restent centrées sur les cas de start-up du numérique, ne considérant dès lors que les enjeux relatifs à l'augmentation des revenus et du nombre de clients sur un marché défini (Stampfl *et al.*, 2013). Or, à travers une étude spécifique au cas des start-up *deeptech*, Schuh *et al.* (2022) mettent en lumière la nécessité de développer la technologie et le marché simultanément lors du *scale-up*. En nous intéressant plus particulièrement au travail de conception réalisé par l'entreprise, cette recherche vise donc à comprendre *comment une start-up deeptech en phase de scale-up gère la tension entre la validation des éléments du modèle d'affaires et l'exploration*.

Notre propos s'appuiera tout d'abord sur un cadrage théorique à partir d'une revue de la littérature au croisement des champs de l'entrepreneuriat, du modèle d'affaires (*business model*) ainsi que de la conception (*design engineering*). À partir d'un cas de recherche-intervention sur une start-up *deeptech* de l'agriculture urbaine en phase de *scale-up*, dont nous détaillerons les caractéristiques, nous mettons en perspective différents modèles de développement à travers deux approches : la validation des éléments issus des dimensions classiques du modèle d'affaires ainsi que la modélisation des activités de conception. Cela nous permet de démontrer l'intérêt d'une distinction entre les notions de validation et de préservation, qui appelle au recours à celle de patrimoine de création pour expliciter l'effort de conception dans le cas d'une start-up *deeptech* en phase de *scale-up*. Enfin, nous dresserons les conclusions de cette étude en mettant en lumière les contributions de ces travaux, à la fois théoriques et managériales, et leur intérêt pour les entrepreneurs et les structures d'accompagnement.

1. La tension entre validation et exploration en phase de *scale-up*

1.1. La validation du modèle d'affaires

Les travaux dans le champ du modèle d'affaires montrent que la phase de *scale-up* consiste à reproduire un modèle d'affaires validé (Lund & Nielsen, 2018). La difficulté réside précisément dans la capacité de l'entreprise à prouver la validation de son modèle d'affaires. Afin de réaliser cette preuve de validation, une méthodologie a vu le jour : l'approche *lean startup*, introduite par Ries (2011), met en évidence deux mécanismes permettant d'atteindre la phase de *scale-up*. Le premier concerne le test d'hypothèses à travers la constitution d'un produit avec un ensemble minimal d'activités, dit *minimum viable product* (MVP). Le second est relatif au pivot, défini par « to a revised model that changes some model elements while retaining others » selon Eisenmann *et al.* (2013, p. 1), c'est-à-dire modifier certains éléments du modèle d'affaires en en préservant d'autres.

À partir d'une revue détaillée de la littérature, nous mettons en évidence dans le tableau 1 ci-après les dimensions sur lesquelles portent les validations du modèle d'affaires. Cette grille d'analyse étendue, qui regroupe celles retenues par la littérature sur les modèles d'affaires (plus particulièrement Demil *et al.*, 2018 ; Lecocq *et al.*, 2006 ; ainsi que d'autres auteurs pour affirmer le propos), peut permettre de mieux saisir la complexité de la définition d'un modèle d'affaires. Le regroupement s'effectue avec la mise en évidence de plusieurs dimensions qualifiées de classiques (colonne 1), explicitées pour mieux en cerner le périmètre (colonne 2) et issues de l'analyse de la littérature (détaillée dans la colonne 3). Par exemple, Stampfl *et al.* (2013) proposent une modélisation de la « business model conceptualization » en indiquant les « ingrédients », ou facteurs (qui s'excluent mutuellement), permettant l'élaboration d'un modèle d'affaires ; tandis que les obstacles au *scale-up* soulignés par Picken (2017) fournissent des indications sur les éléments du modèle d'affaires à valider.

Un travail de classification des recherches sur les modèles d'affaires a également été réalisé par Massa *et al.* (2017). Les auteurs mettent en évidence trois interprétations principales du modèle d'affaires : une caractéristique empirique de l'entreprise, un schéma cognitif ou une représentation formelle des activités. Cette première conclusion souligne déjà la difficulté à partager une conception et *a fortiori* une définition communes des modèles d'affaires ; mais ils vont plus loin encore en montrant l'existence de plusieurs modèles formels décrivant les composants principaux des modèles d'affaires qui ne font pas non plus consensus entre les auteurs. Nous proposons une autre représentation formelle du modèle d'affaires à partir des dimensions principalement évoquées par la littérature, reprises dans la première colonne du tableau suivant. On y retrouve bien les composants du modèle d'affaires répertoriés par Massa *et al.* (2017) dans chacune des interprétations proposées. Nous en déduisons que les différentes dimensions du tableau 1 correspondent aux éléments du modèle d'affaires à valider.

Tableau 1. Dimensions classiques selon l'approche du modèle d'affaires, détails des définitions des dimensions et correspondances avec la littérature

Dimension classique du modèle d'affaires	Sous-dimensions	Littérature
Clients	Positionnement marché et concurrentiel	Duruflé <i>et al.</i> , 2017 ; Picken, 2017 (obstacles 2 et 3)
	Produits ou services (proposition de valeur)	Demil <i>et al.</i> , 2018 ; Duruflé <i>et al.</i> , 2017 ; Stampfl <i>et al.</i> , 2013 (<i>costs and revenue structure and user orientation</i>)
	Clients	Demil <i>et al.</i> , 2018 ; Stampfl <i>et al.</i> , 2013 (<i>network effects</i>)
Organisation de l'entreprise	Coordination de l'activité collective	Picken, 2017 (obstacles 1, 4)
	Compétences	Demil <i>et al.</i> , 2018
	Dimension identitaire (mission, objectifs)	Picken, 2017 (obstacle 7)

Dimension classique du modèle d'affaires	Sous-dimensions	Littérature
Chaîne de valeur	Chaîne de valeur existante	Lecocq <i>et al.</i> , 2006
	Fournisseurs	Lecocq <i>et al.</i> , 2006
	Distributeurs	Lecocq <i>et al.</i> , 2006 ; Zhang <i>et al.</i> , 2015
Parties prenantes/réseaux	Acteurs de l'accompagnement et institutions	Picken, 2017 (obstacle 6)
	Investisseurs et conseillers	Picken, 2017 (obstacle 6)
	Autres parties prenantes/réseaux	Demil <i>et al.</i> , 2018
Conception technique	Maturation technologique	Eisenmann <i>et al.</i> , 2013 ; Stampfl <i>et al.</i> , 2013 (<i>technology</i>)
	Portefeuille de brevets (ou stratégie de propriété industrielle)	Eisenmann <i>et al.</i> , 2013
	<i>Proofs of concepts</i> /démonstrateurs	Ries, 2011
Réglementation	Droit et évolutions	Stampfl <i>et al.</i> , 2013 (<i>adaptability to different legal regimes</i>) ; Schuh, Latz, <i>et al.</i> , 2022 (<i>bureaucratic and legal hurdles for technology transfer</i>)
	Régulateurs	Schuh, Latz, <i>et al.</i> , 2022 (<i>regulatory uncertainties</i>)

Source : élaboration propre

1.2. La problématique de la phase de *scale-up* des start-up

Plusieurs modèles de trajectoires de développement relatives aux start-up ont été proposés (Kazanjian & Drazin, 1990 ; Passaro *et al.*, 2016 ; Schuh *et al.*, 2022). On retrouve dans les étapes définies par ces différents modèles une phase de croissance ou d'expansion, similaire à une phase de *scale-up*. Selon Duruflé *et al.* (2017, p. 1), cette dernière décrit une étape de

développement dans laquelle les start-up « ont passé leur phase d'exploration initiale, ont trouvé leur offre de produit ou de service initiale et leur segment de marché, et sont en train d'entrer dans une phase de croissance, où elles cherchent à pénétrer significativement le marché⁸ ».

Cette phase s'accompagne généralement d'une augmentation significative des revenus, du nombre de collaborateurs ou encore du nombre de clients (Cavallo *et al.*, 2019 ; Lund & Nielsen, 2018 ; Zhang *et al.*, 2015) et peut être marquée par un besoin important en financement, ce qui est d'ailleurs considéré comme un élément limitant en Europe : certains évoquent même un « *scale-up gap* » (Aernoudt, 2017), tandis que le *scale-up* permet aussi aux start-up d'augmenter leur valeur financière (Davila *et al.*, 2003).

Toutefois, la surreprésentation des start-up du numérique (Stampfl *et al.*, 2013) dans les cas d'étude est l'une des principales limites de la littérature en entrepreneuriat et sur les modèles d'affaires, et plus particulièrement lorsqu'il s'agit de *business model scalability*, rendant peu pertinente une extrapolation aux cas des start-up technologiques, *a fortiori deeptech*. Ce constat est déjà en soi une lacune théorique. En particulier, en comparaison avec les start-up du numérique, les ressources et les activités de conception des start-up technologiques sont par essence différentes (Kollmann *et al.*, 2021) : flexibilité des opérations et expertise technologique internalisée pour les start-up du numérique contre infrastructures coûteuses et collaboration avec des structures de recherche pour les start-up *deeptech*. On peut également souligner les différences de dynamiques de marchés : rude concurrence et obsolescence rapide pour les start-up du numérique face aux fortes barrières à l'entrée du marché des start-up *deeptech* limitant le risque de concurrence tant l'expertise est rare.

⁸ « are past their initial exploratory phase, have found their initial product/service offering and market segment, and are entering a growth phase where they seek significant market penetration »

Les auteurs du *lean startup* précisent d'ailleurs que la méthodologie proposée a été développée pour les start-up du numérique, ce qui est cohérent compte tenu de la forte proportion de ces start-up dans les études sur les modèles d'affaires ; ils vont jusqu'à mettre en garde qu'il n'est pas forcément pertinent de l'appliquer directement aux cas de start-up développant des technologies *hardware* ou du type *deeptech*, pour lesquelles les marchés sont en cours de définition (Eisenmann *et al.*, 2013).

La littérature s'intéressant à la reproduction des modèles d'affaires met déjà en évidence que la reproduction nécessite en elle-même des efforts d'exploration et implique des transferts de connaissance à large échelle, qu'il faut donc gérer (Winter & Szulanski, 2001). La question de la gestion des connaissances est aussi au cœur des discussions sur la reproduction des pratiques entre organisations (Baden-Fuller & Winter, 2008).

De plus, lorsqu'il s'agit de petites entreprises, ce qui est le cas des start-up, les activités de reproduction et celles de *business model innovation* sont, au regard des performances financières, plus complémentaires qu'en compétition (contrairement aux entreprises de plus grande taille) : Aspara *et al.* (2010) indiquent ainsi que la seule reproduction ne permet pas à ces entreprises de petite taille d'assurer une croissance profitable. Il s'agit donc de mieux saisir les efforts à mener pour permettre aux start-up *deeptech* de se développer.

Ces quelques éléments de comparaison soulignent la pertinence d'une approche complémentaire à celle des modèles d'affaires qui ne soit plus centrée sur les cas du numérique, mais permettent de prendre également en compte la dimension technologique forte, voire physique (*hardware*), des start-up *deeptech*.

1.3. Au-delà de la validation du modèle d'affaires : des enjeux d'apprentissage en *scale-up*

Le *product-market fit* validé, la littérature fait apparaître des difficultés intrinsèques à la phase de *scale-up*, dont l'atteinte n'est pas assurée. Picken (2017) détermine un certain nombre d'obstacles à cette phase et propose un modèle introduisant une phase dite de « transition », entre celle de « start-up » pour la validation du « business concept » (incluant le modèle d'affaires) et le *scale-up*. C'est au cours de cette étape de *transition* que l'entreprise doit franchir les obstacles au *scale-up* avant d'être en mesure de reproduire un modèle d'affaires validé.

De récents travaux menés par Sanasi (2023) mettent également en évidence la poursuite des expérimentations au cours de la phase de *scale-up* et l'intérêt d'approfondir la recherche et développement (R&D). Ces expérimentations, intervenant après une première validation du marché, peuvent porter sur le modèle d'affaires lui-même et influencer la structure organisationnelle de la start-up en *scale-up* pour assurer le déploiement des ressources issues des apprentissages relatifs à ces expérimentations (Sanasi, 2022). Dunford *et al.* (2010) montrent aussi que ces expérimentations au niveau du modèle d'affaires portent au moins sur les aspects optionnels du modèle lorsqu'il s'agit d'entrer dans une phase d'internationalisation (ce qui reste une forme de *scale-up*). On peut alors se demander ce qui est réellement validé au niveau du modèle d'affaires.

Gbadegeshin et Heinonen (2016) indiquent à partir de la littérature propre au *lean startup* que ce sont les hypothèses initiales qui sont testées, éventuellement validées et préservées (« preserve », p. 1271) ou invalidées et changées (« pivot », p. 1271). Néanmoins, comme ils le précisent, les hypothèses initiales étant par nature relatives à la valeur de la solution vis-à-vis des clients et à la croissance du bénéfice apporté par la solution à ces clients, elles ne portent pas directement sur les éléments de conception technique, mais plus sur le marché. De plus, les MVP ou les pivots ne présagent en rien de la réalité du maintien des éléments validés (relatifs

aux dimensions du modèle d'affaires) dans les développements futurs. Ainsi, si des validations existent, elles ne constituent pas nécessairement les traces d'une stabilisation de la trajectoire de l'entreprise. La distinction entre validation des hypothèses et préservation (à prendre au sens de la persistance sur le long terme ne portant pas seulement sur les hypothèses du modèle d'affaires) apparaît comme un point critique encore non traité par la littérature.

On est alors amené à décaler la question : l'enjeu est finalement moins celui de la validation d'un modèle d'affaires que celui de l'identification de ce que l'entreprise considère comme devant rester pérenne pour construire sa trajectoire de croissance. Finalement, la phase de *scale-up* consiste à passer d'une situation où l'entreprise n'a pas encore bien identifié ce qui devrait être préservé pour construire sa croissance, à une situation, en fin de *scale-up*, où l'entreprise a mis en place une trajectoire de croissance stable fondée sur un ensemble de caractéristiques pérennes (préservées) au fil du temps. Ces caractéristiques peuvent être des compétences-cœur, un modèle d'affaires validé, un ensemble de clients ou de marchés bien identifiés, etc. La littérature nous invite ainsi à distinguer les validations du modèle d'affaires de l'identification de ce qui est préservé : et si la phase de *scale-up* consistait, pour une entreprise, à identifier progressivement ce qui doit être préservé, la nature même des objets à préserver ?

1.4. Intérêt de l'approche par la conception : comprendre la stabilisation progressive d'un patrimoine de création

En prenant en considération que ce qui est préservé au fil de la croissance n'est pas limité au modèle d'affaires, il est possible de compléter la littérature en entrepreneuriat et sur les modèles d'affaires en s'inspirant des travaux qui ont mis au jour d'autres caractéristiques que l'entreprise stabilise et qui expliquent son succès. Ainsi, Baldwin et Clark (2000) ont justement mis en évidence l'existence de plusieurs solutions en matière d'architecture technique pour un même problème (relatif aux systèmes d'information). Leurs travaux montrent égale-

ment qu'une entreprise dispose d'un avantage concurrentiel majeur en ayant élaboré une architecture technique modulaire : s'il peut sembler que deux entreprises s'adressent aux mêmes marchés, celle qui le fait avec une architecture modulaire l'emportera à terme sur celle qui le fait avec une architecture-produit non modulaire, car la première saura s'adapter plus rapidement et plus efficacement aux évolutions de la demande. Cela amène à considérer non plus les produits ayant rencontré un marché, mais les architectures techniques des produits que l'on peut assimiler aux règles de conception des produits (voire des différents modèles d'affaires). Plus généralement, la littérature sur les technologies génériques indique que la clef de la croissance peut être liée à la maîtrise d'une technologie générique, déclinée sur de nombreux marchés (Bresnahan & Trajtenberg, 1995). Dans ce cas, ce qui est pérenne et préservé par l'entreprise est cette « technologie générique ». En outre, ce qui est préservé est aussi ce qui sert de support à la création d'applications ultérieures. Plus généralement, la littérature amène à faire l'hypothèse qu'il peut exister un ensemble de règles (architecture-produit, technologies génériques, expertise, voire formes de coordination, etc., identifiées selon les littératures comme *core competencies* ou *core capabilities* par exemple) à la fois préservées et sources de création. Ces règles, préservées au cours des efforts d'innovation de l'entreprise, constituent finalement une tradition propre à l'entreprise elle-même et à son fonctionnement, et contribuent à la génération de nouvelles idées ou de nouveaux concepts de développement. Ces derniers peuvent aller jusqu'à la réinterprétation de la tradition elle-même, ne signifiant pas l'abandon mais bien plutôt une préservation créative. Hatchuel *et al.* (2019) proposent d'appeler patrimoine de création cet ensemble de règles de fonctionnement collectif propre à l'entreprise, qui est à la fois ce qui est préservé et ce qui permet la créativité.

Ces travaux invitent à penser la phase de *scale-up* comme une étape de définition de ce qui fait que la start-up est capable d'innover efficacement, c'est-à-dire les règles de sa générativité à préserver ; ce que l'on peut appeler son patrimoine de création. La phase de *scale-up* est alors vue comme la phase de construction du patrimoine de création de l'entreprise.

1.5. Une méthode d'analyse adaptée à l'identification des patrimoines de création : les matrices de Suh

Cependant, la littérature ne précise pas comment déterminer ce patrimoine de création. *Ex post*, la tâche peut être assez aisée : ainsi, les technologies génériques comme l'électricité ou les semi-conducteurs sont surtout identifiées à partir des travaux des historiens (Cogez *et al.*, 2020 ; Hughes, 1983). Mais qu'en est-il *ex ante* ? Comment identifier une technologie avant qu'elle ne soit générique ? Comment identifier le patrimoine de création d'une entreprise lorsqu'il est en cours de constitution ? Des réponses ont pu être apportées dans le cas de stratégies d'innovation générique dans les entreprises ou les organisations nettement plus grosses que des start-up (Hooge *et al.*, 2016 ; Kokshagina *et al.*, 2016 ; Le Masson *et al.*, 2016). Mais qu'en est-il dans le cas des start-up *deeptech* ?

Les travaux étudiant l'élaboration de patrimoines de création ont souvent eu recours à une technique d'analyse des systèmes techniques par les matrices de Suh (1990). Utiliser cette technique pour analyser les technologies génériques est tout aussi cohérent (voir le travail à partir des matroïdes réalisé par Le Masson *et al.*, 2016). Ainsi, les matrices de Suh sont susceptibles de repérer des relations que l'on peut qualifier de bien formées, voire pérennes, entre des savoirs techniques (appelés *design parameters*, DP, ou paramètres de conception) et des fonctionnalités du produit (appelées *functional requirements*, FR, ou besoins fonctionnels dans l'axiomatique de Suh) associées à des demandes des clients et des modèles d'affaires. On a là une technique d'analyse pour repérer très systématiquement des règles de conception préservées et susceptibles de contribuer à l'innovation, au niveau des *functional requirements* (fonctionnalités, applications, modèle d'affaires) ou au niveau des *design parameters* (expertises, compétences, etc.). La structure des matrices de Suh permet également d'identifier l'apparition d'architectures modulaires (comme le montrent Thomas *et al.*, 2021). Les matrices de Suh apparaissent donc comme un outil pertinent pour décrire la démarche de conception innovante

mise en œuvre au sein d'une start-up *deeptech* qui cherche à atteindre la phase de *scale-up*. En particulier, chacun des MVP réalisés peut être traduit par une matrice de Suh : en représentant les clients et les combinaisons de techniques pour répondre à leurs besoins, cette matrice explicite la construction du rapport entre les techniques (paramètres de conception) et la représentation des marchés (besoins fonctionnels).

Par exemple, Girgenti *et al.* (2016) ont recours à la conception axiomatique pour construire un modèle de développement des clients, franchir des étapes du *lean startup* et fournir une preuve de la validation du *product-market fit* (et donc du modèle d'affaires). Contrairement aux travaux de Girgenti *et al.* (2016), notre emploi de la conception axiomatique n'intervient pas au niveau de la conception même des produits, il en est fait usage *a posteriori* pour analyser les choix de conception réalisés dans chaque MVP. Nous chercherons alors à comprendre l'évolution des matrices entre les MVP pour la construction progressive de la capacité à réussir le *scale-up* : c'est là que réside l'originalité de notre propos dans cette approche.

2. Méthodologie

2.1. Démarche de recherche-intervention

Pour rendre visible la distinction entre la validation des éléments du modèle d'affaires et les préservations au niveau des choix de conception que l'entreprise met en place pour se développer, nous avons réalisé une recherche-intervention (Aggeri, 2016). Cette recherche-intervention a été conduite au sein d'une start-up de l'agriculture urbaine dans le cadre d'un projet de master 2 (réunions hebdomadaires entre octobre 2020 et juin 2021), en coencadrement entre la start-up et des chercheurs de l'équipe pédagogique du master (dont un des auteurs). La première partie du projet, d'octobre à février, a été réalisée à raison d'un jour de travail par semaine par l'étudiant ; la seconde partie a pris la forme d'un stage de fin d'études entre mars et juin.

La problématique générale du projet portait sur le développement de la start-up simultanément à la préservation de son modèle, à déterminer. Nous nous intéressons ici plus spécifiquement à la caractérisation de ce modèle de développement à travers l'étude de la conception des systèmes agricoles successifs mis en place et cherchons à représenter la tension entre l'effort de conception technique et la réponse à des enjeux relatifs au marché à partir des MVP développés par la start-up.

Pour étudier la construction des MVP successifs, nous avons décrit précisément les choix de développement (passés, présents et envisagés dans le futur) selon deux points de vue complémentaires : l'un issu de la revue de littérature sur le modèle d'affaires et l'autre par le recours à un outil de la conception axiomatique, les matrices de Suh (Suh, 1998). Les choix de développement considérés correspondent à ceux se déployant au cours de la phase de *scale-up* (objet de la recherche). En étudiant ces différentes étapes dans la phase même de *scale-up*, nous cherchons à déterminer ses caractéristiques propres.

2.2. Détermination des dimensions classiques dans le langage du modèle d'affaires

La première description du développement de la start-up consiste à exprimer, avec le langage issu de la description du modèle d'affaires (tableau 1), les validations et les invalidations obtenues grâce aux différents MVP ou pivots réalisés. Notre description porte à la fois sur les MVP et sur les pivots ; dans la mesure où nous ne nous intéressons pas à caractériser l'un ou l'autre, nous simplifions le propos en les dénommant « modes de développement⁹ ». Pour chacune des dimensions, nous avons donc cherché à retranscrire les résultats issus des tests des

⁹ Pour des questions de clarté dans le vocabulaire employé, on utilisera « mode de développement » pour désigner les « produits » dont il était question dans la littérature (le premier mode de développement correspondant au premier produit) ; cela permet d'éviter la confusion avec les produits finaux que sont les fruits et légumes (c'est-à-dire les variétés produites).

hypothèses. Ainsi, nous mettons en particulier en évidence la réutilisation ou non des éléments validés dans les modes de développement suivants. L'observation des modes de développement à travers le prisme des dimensions du modèle d'affaires fournit une validation des choix de développement opérés par la start-up. Cette analyse, basée sur la revue de la littérature, a été conduite par les auteurs de l'article.

2.3. Description des développements à partir du langage de la conception axiomatique

Pour décrire les choix de conception réalisés pour chaque mode de développement de la start-up, nous avons utilisé des matrices de Suh, particulièrement adaptées à l'étude de systèmes complexes et réalisées par l'étudiant en interaction avec les encadrants de l'équipe pédagogique. Elles mettent en évidence les interactions entre les fonctionnalités recherchées par le produit développé et les paramètres de conception, comme les ressources ou les moyens, mis à disposition pour réaliser ces fonctions. Réaliser une matrice de Suh consiste alors à décrire le système par une liste de fonctionnalités (FR) obtenues grâce à des choix de conception (DP). L'élaboration de ces matrices a été permise grâce à la compréhension fine de la conception des modes de développement de l'entreprise à travers l'acquisition, explicitée ci-après, de nombreuses données. Ce sont donc les FR et les DP qui ont été recherchés et définis tout au long du processus d'acquisition des données : construites simultanément grâce à une accumulation progressive des connaissances permise par la grande proximité avec le terrain, les matrices de Suh se sont précisées tout au long de l'étude.

Au-delà des dépendances ou indépendances¹⁰ rendues visibles par les matrices de Suh, nous avons cherché à relier les éléments techniques (DP) au cahier des charges du côté des

¹⁰ On considère qu'il y a une situation d'indépendance lorsque la matrice de Suh est diagonale : à chaque FR est associé un unique DP. Dès lors que, pour réaliser une FR, plusieurs DP sont nécessaires ou lorsqu'un unique DP se retrouve au niveau de plusieurs FR, on parle de dépendance.

clients (FR), pour faire le lien avec les éléments du modèle d'affaires. C'est pourquoi nous n'avons pas opté pour une représentation des choix de conception à partir d'une *design structure matrix* (ou *dependency structure matrix*), qui modélise les interactions à partir d'une matrice de la forme DP-DP (Eppinger & Browning, 2012). De récents travaux proposent également de fournir de nouvelles mesures de l'innovation et de la capacité à innover (Sinclair-Desgagné, 2022). Dans ce cas, le cadre d'analyse proposé se concentre sur la production de connaissances ; on cherche alors plutôt à mesurer une expansion des connaissances qu'une préservation de choix de conception, ce qui n'empêche pas l'une ou l'autre des approches de fournir des arguments concernant la capacité de l'entreprise à générer des produits innovants. C'est la volonté d'une compréhension du modèle de développement qui a poussé à préférer les matrices de Suh.

2.4. Collecte des données

Le temps en immersion dans l'entreprise dans le cadre du projet de master a été l'occasion d'une collecte conséquente et rigoureuse des données par l'étudiant. Ces dernières ont été obtenues d'une part à partir d'entretiens menés avec un à plusieurs membres de chaque équipe de la start-up, pour reconstituer l'historique des développements réalisés et comprendre les aspects techniques. Ainsi, huit collaborateurs de l'entreprise ont pu être spécifiquement interrogés au cours d'entretiens d'environ une heure : le directeur général et cofondateur, les deux directeurs techniques de l'ingénierie et de l'agronomie, le responsable des partenariats industriels, le responsable des opérations, le responsable de projet production et les deux responsables de vente et de secteur. Les interactions avec le directeur technique de l'ingénierie, encadrant le projet de master, ne sont pas dénombrables et les travaux de recherche ont fait l'objet d'un suivi rapproché de sa part. D'autre part, dans le cadre du parcours d'*onboarding* de l'étudiant, des réunions avec l'ensemble des pôles de l'entreprise ont été organisées pour mieux connaître la structure organisationnelle de la start-up (rôles, missions et enjeux de chaque pôle), notamment

le marketing pour acquérir une vision des produits, l'exploitation (production et maintenance) et la R&D (sur plusieurs domaines).

L'immersion a également été l'occasion pour l'étudiant de passer plusieurs journées au sein des lieux de production (visites des systèmes de production des modes 1 et 2) et des lieux de distribution, permettant d'acquérir les connaissances utiles pour la description de la conception des modèles productifs et la gestion de la commercialisation. L'ensemble de la documentation interne (archives comprises) était également disponible pour retracer les développements successifs réalisés.

Trois comités de pilotage ont été organisés entre les encadrants de l'équipe pédagogique du master, l'étudiant et le directeur technique de l'ingénierie. Le comité de lancement en octobre 2020 incluait également le directeur technique de l'agronomie. Un comité de pilotage intermédiaire a eu lieu en février 2021 pour dresser un premier bilan des connaissances accumulées et échanger sur les pistes à explorer pour la deuxième période de travail. Le comité de pilotage final, organisé en juin 2021, a permis de valider les résultats présentés, dont les matrices de Suh de la section Résultats.

Enfin, les données récoltées pendant le projet de master ont depuis été enrichies par les auteurs par des sources publiques d'informations (communications diverses à travers différents médias : écrit, vidéo, audio ; brevet). Deux entretiens complémentaires, d'une demi-heure chacun, ont également été menés en avril 2022 avec, d'une part, le directeur technique de l'ingénierie et, d'autre part, l'un des investisseurs institutionnels dans la start-up, pour revenir sur les choix d'évolution du modèle d'affaires relativement aux capacités de conception technique.

3. Caractéristiques du cas d'étude

3.1. Une technologie de culture en environnement contrôlé

La recherche-intervention a eu lieu au sein d'une start-up de l'agriculture urbaine, dont les premiers travaux de recherche ont commencé en 2014. Elle emploie début 2022 entre 60 et 90 personnes. Sur le plan technique, cette start-up se distingue par ses technologies de culture dans un environnement contrôlé (type *indoor farming*). La concurrence est désormais mondiale dans ce domaine, et les solutions technologiques fleurissent. Pour respecter les dispositions de confidentialité, nous nommons cette start-up ANSOVIN dans le cadre de cet article.

L'objectif poursuivi par ANSOVIN est de proposer des solutions de production pour venir en complément des moyens agricoles existants, et fournir des fruits et légumes frais, sains et avec du goût, en centre-ville. Pour répondre à cet objectif, l'accent a été mis sur la réduction des durées entre la récolte et la consommation en choisissant une implantation des systèmes de production à proximité des lieux de consommation. La technologie développée par ANSOVIN est la combinaison d'un savoir-faire lié à la culture des plantes (fruits et légumes) et de celui de la conception du système technique permettant de fournir les conditions optimales à leur croissance. ANSOVIN a donc commencé à réaliser sa production dans un environnement entièrement contrôlé et de taille restreinte. En cherchant à augmenter la taille de la production, les dispositifs de culture ont été, dans un premier temps, multipliés, puis, dans un deuxième temps, agrandis. Ce sont ces évolutions que nous cherchons à caractériser.

Deux modes de développement ont précédé un troisième en cours de déploiement. Notre étude porte également sur un potentiel quatrième mode de développement. Les modes de développement concernent à la fois le système de production et les variétés produites. L'étude des modes de développement successifs rend visible l'historique des solutions techniques et des modèles d'affaires associés.

3.2. Une start-up *deeptech* de l'agriculture urbaine

Si la terminologie de *deeptech* est encore très peu présente dans la littérature académique, voire reste un concept flou, Siegel et Krishnan (2020) en fournissent une définition plus développée :

Une « deep » technologie était impossible hier, est à peine réalisable aujourd'hui et deviendra rapidement si omniprésente et influente qu'il sera difficile de se rappeler d'une vie sans elle. Les solutions *deeptech* sont des réinventions de capacités fondamentales, qui sont fidèles aux problèmes ou opportunités réels et significatifs, plutôt qu'à une unique discipline¹¹. (p. 8)

On retiendra de leur définition plusieurs critères :

1. la dimension d'impact portée par la technologie ;
2. la difficulté à concevoir la technologie, ce qui s'illustre par des temps de développement significatifs et des besoins en financement importants ;
3. l'absence de solutions (c'est-à-dire de marché) avant l'avènement de la technologie.

ANSOVIN vérifie l'ensemble de ces critères. Tout d'abord, en cherchant à contribuer à relever le défi majeur de l'alimentation par le développement d'une solution technologique, ANSOVIN développe une solution avec un impact certain, puisqu'elle répond à des *grand challenges*. En effet, dans le contexte d'une explosion des coûts de la mobilité et de la transition écologique, la production de fruits et légumes à proximité de centres urbains apporte une solution aux importations. Le développement d'une agriculture en environnement contrôlé est aussi une solution pour les pays où la culture est intrinsèquement difficile. Il faut également ajouter

¹¹ « A 'Deep' Technology was impossible yesterday, is barely feasible today, and will quickly become so pervasive and impactful that it is difficult to remember life without. Deep Tech solutions are reimaginations of fundamental capabilities that are faithful to real and significant problems or opportunities, rather than to one discipline. »

qu'aucun produit phytosanitaire n'est utilisé et que la solution technique présente l'avantage de réduire significativement la consommation d'eau. Enfin, les solutions d'*indoor farming* se caractérisent également par une faible emprise au sol vis-à-vis de la quantité produite (disposition verticale des plants).

En outre, les technologies de culture en environnement contrôlé qui ont été mises au point par ANSOVIN ont fait l'objet de plusieurs années de R&D (les investissements et les brevets le prouvent). Le système de culture en environnement contrôlé est effectivement complexe et nécessite un ensemble de compétences larges. D'ailleurs, les investissements en R&D sont considérables : deux équipes de recherche collaborent pour développer les protocoles agronomiques adaptés aux variétés d'intérêt, ainsi que les moyens techniques pour assurer la croissance de ces mêmes variétés. Un projet de recherche est également mené avec une institution publique de recherche, pour de nouvelles voies de développement.

Enfin, si les technologies d'*indoor farming* sont récentes, plusieurs acteurs sont déjà en concurrence. En revanche, ce sont les performances propres du système de culture proposé par ANSOVIN qui assurent son avantage concurrentiel. La start-up a réussi en particulier à proposer une grande diversité dans la gamme de fruits et légumes produits, tout en maintenant une forte contrôlabilité de la culture et en garantissant une qualité supérieure des produits.

Ainsi, selon la définition de *deeptech* proposée par Siegel et Krishnan (2020), ANSOVIN remplit bien les différents critères pour être qualifiée de start-up *deeptech*.

3.3. Indices d'un passage à la phase de *scale-up*

Ce cas cherche à déterminer les efforts de conception à mener et donc les ressources nécessaires pour développer le deuxième produit, voire la formation de la gamme de produits.

Plusieurs éléments laissent à croire que l'entreprise entre en phase de *scale-up* au début de l'année 2021 :

- plusieurs levées de fonds réalisées ;
- chiffre d'affaires avec la vente des fruits et légumes produits ;
- augmentation du nombre de salariés ;
- changement de l'équipe de direction, avec un nouveau directeur général au profil expérimenté pour la conduite d'une phase d'industrialisation ;
- augmentation de la production ;
- croissance du nombre de lieux de distribution.

Ces deux derniers points ont été directement observés au niveau des caractéristiques principales des modes de développement.

Cette start-up de l'agriculture urbaine apparaît bien comme étant en début de *scale-up*, après avoir réalisé les modes de développement 1 et 2 (vus comme les premiers MVP) puis 3 et 4 (déploiement large de la proposition de valeur). Un bref historique des développements de l'entreprise est proposé dans le tableau 2 ci-après.

Tableau 2. Description des modes de développement successifs de la start-up ANSOVIN

Mode de développement 1	Mode de développement 2	Mode de développement 3	Mode de développement 4
Prototypes pour une variété	Pilote pour plusieurs variétés	Module complet pour une partie des variétés	Nouvelle forme de système de production
Un système de production indépendant	Plusieurs systèmes de production mutualisés	Mutualisation d'un nombre plus important de systèmes de production	Nouvelle forme de mutualisation

Mode de développement 1	Mode de développement 2	Mode de développement 3	Mode de développement 4
Vente directe	Vente avec distributeur	Vente avec distributeur	Vente avec distributeur et en plus grandes quantités avec diversification des produits
Proximité immédiate des lieux de production et de consommation (enjeu qualité)	Proximité assurée des lieux de production et de consommation (enjeu qualité)	Proximité relative des lieux de production et de consommation	Attention portée sur la distance entre les lieux de production et les lieux de consommation pour garantir la qualité

Source : élaboration propre

4. Résultats

4.1. Distinguer validation et préservation au cours de la phase de *scale-up*

L'étude menée sur le cas d'ANSOVIN permet d'abord de différencier validation et préservation, au niveau des éléments du modèle d'affaires, à travers les différentes combinaisons réalisables. Plusieurs exemples illustratifs sont fournis dans le tableau 3 et soulignent la nécessité de cette distinction. Ces éléments, qu'ils soient l'objet de validation ou de préservation, peuvent être rattachés à l'une des dimensions présentées dans le tableau 1. Alors que l'on s'attend à observer le passage d'un stade fortement exploratoire avec peu d'éléments du modèle d'affaires validés à un stade caractérisé par une forte validation et une faible exploration, les exemples démontrent que la tension s'opère entre la validation d'éléments du modèle d'affaires et leur préservation, tout au long du développement. On note alors quatre formes distinctes de cette tension :

- le cas des validations préservées : un élément validé du modèle d'affaires se retrouve dans les modes de développement ultérieurs, sans que l'exploration sur cet élément se poursuive ;

- le cas des validations non préservées : un élément validé du modèle d'affaires peut être remis en question et ne pas être préservé, il n'est alors plus exploré ;
- le cas des préservations avec validation : le choix de la préservation d'un élément du modèle d'affaires prime sur sa validation, l'exploration porte alors sur l'évolution des critères de validation pour garantir la préservation ;
- le cas des préservations sans validation : la start-up choisit de poursuivre l'exploration sur un élément non validé.

Tableau 3. Exemples d'éléments du modèle d'affaires sur lesquels s'opère la tension entre validation et préservation

Validation pré-servée	Canaux de distribution : choix du B2B validé et préservé dans les modes de développement suivant la validation
Validation non préservée	Arrêt de la production de fruits dans le troisième mode de développement
Préservation avec validation	Dimension locale qui évolue au fil des modes de développement : modification des critères de validation et préservation de l'enjeu
Préservation sans validation	Commercialisation de fruits comme marque d'identité : maintien du deuxième mode de développement simultanément au troisième, sans validation de la rentabilité

Source : élaboration propre

Le cas de la validation préservée (1^{re} ligne) est le plus simple : un élément du modèle d'affaires, le choix des canaux de distribution des produits dans l'exemple (revente par un tiers en B2B en l'occurrence), a été validé au cours d'un des modes de développement, puis n'a plus été remis en question (il y a bien une préservation de cet élément du modèle d'affaires). À l'inverse, la préservation avec validation (3^e ligne) est moins évidente : la validation porte sur le choix d'une production la plus locale possible. C'est cet enjeu de production locale qui est préservé au cours des développements successifs, tout en redéfinissant progressivement la localité. S'il y a toujours une validation de cet élément, le critère de validation évolue. On observe

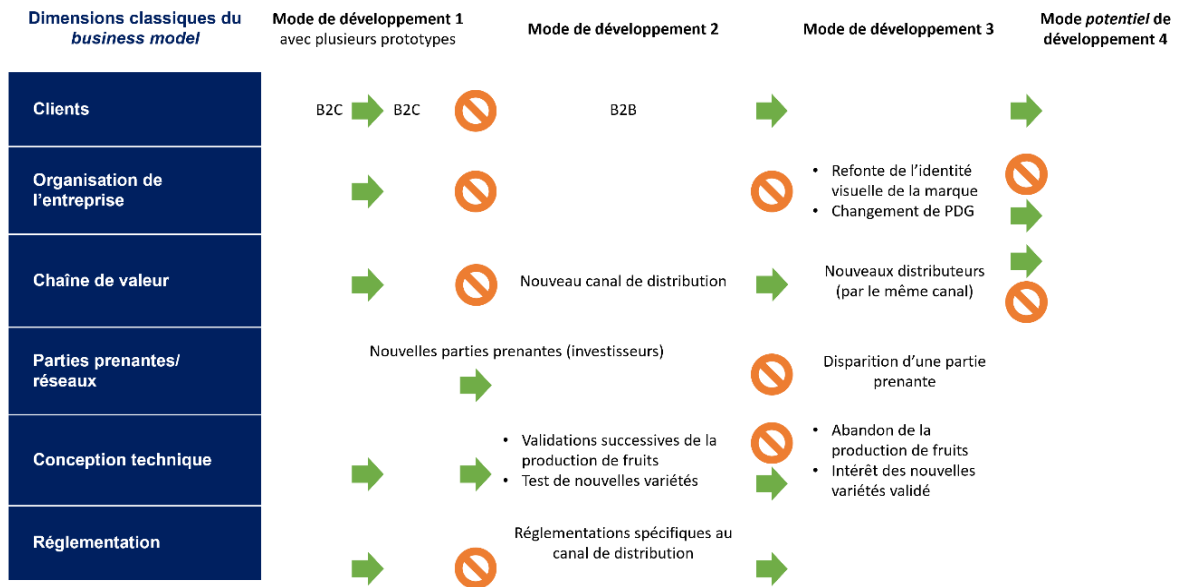
également le cas d'une préservation d'un élément qui n'a pas été validé (4^e ligne) : alors que la production d'un fruit ne permet pas d'atteindre la rentabilité, et donc invalide cet élément du modèle d'affaires, la start-up choisit de maintenir sa commercialisation. Cette forme est particulièrement intéressante, car elle rejoint la situation des start-up *deeptech*, plus susceptibles de maintenir un inconnu à traiter lié aux défis qu'elles cherchent à résoudre, malgré une absence de validation. À l'inverse, un élément pourtant validé n'est pas systématiquement préservé (2^e ligne).

Ce premier résultat souligne ainsi la capacité de l'entreprise à préserver des activités ou des ressources qui n'auraient pas été validées au cours des expérimentations successives (comme l'indique le dernier exemple du tableau 3). Cela vient déjà en contradiction des hypothèses élaborées dans le cadre de l'étude des modèles d'affaires. Alors qu'ANSOVIN se trouve en phase de *scale-up*, le modèle d'affaires continue à évoluer et ne prend, à première vue, pas toujours en compte le résultat des expérimentations. La tension mise en évidence par la revue de la littérature entre la validation des éléments du modèle d'affaires et l'exploration est déplacée : il s'agit de prendre en considération ce qui est préservé et qui garantit l'exploration.

4.2. Rendre visible la préservation ne consiste pas à observer les validations du modèle d'affaires

À partir des dimensions mises en exergue dans le tableau 1, nous étudions les validations (représentées par des flèches vertes) et les invalidations (représentées par des symboles orange) ayant eu lieu pour chacun des modes de développement. La figure 1 représente de manière non exhaustive, pour des raisons de confidentialité, des validations et des invalidations emblématiques. Ce sont les données collectées à travers les différentes modalités d'échange précisées auparavant qui ont permis l'élaboration de cette figure.

Figure 1. Schématisation et détails illustratifs de la caractérisation des modes de développement selon les dimensions de l’approche du modèle d’affaires (non exhaustif)



Source : élaboration propre

Pour expliciter la figure 1, intéressons-nous à la dimension « Clients » (lecture de la figure à partir d’une ligne). Le premier mode de développement consistait en une production de fruits et de légumes directement vendus aux consommateurs. La vente s’effectuait sur le lieu même de la production. Ce choix a été remis en question dès le deuxième mode de développement, car la cible de consommateurs atteints en B2C était trop étroite. Une solution pour résoudre ce problème a été de disposer plusieurs systèmes de production dans différents lieux, occasionnant de nombreux déplacements entre les sites, ne permettant pas d’optimiser le rapport temps de travail/temps de déplacement tout en assurant une présence suffisante sur les lieux de production pour réaliser les ventes. Le format B2B finalement choisi consiste à passer par un distributeur disposant de son propre réseau de distribution. Ainsi, plus de consommateurs ont pu être touchés au sein d’une même ville, voire de sa proche banlieue. Le choix du distributeur a été renouvelé puis étendu à une autre structure au cours de la phase de *scale-up*.

À la lecture de la figure 1 et en s’intéressant à présent aux modes de développement disposés en colonnes, on observe que chacune des dimensions présente des validations et des

invalidations, qui ne portent pas systématiquement sur des éléments différents (remise en question d'un même élément du modèle d'affaires validé). Pour les modes de développement 1 et 2, cette observation n'est pas particulièrement étonnante. Pour les modes de développement 3 et 4 (associés à un démarrage de la phase de *scale-up*), les invalidations restent nombreuses et présentes sur les différentes dimensions, la start-up semblant être toujours en train de réaliser des MVP, voire un pivot. Par exemple, on retrouve le cas de validation non préservée du tableau 3 au niveau du troisième mode de développement, alors qu'on aurait dû s'attendre à une situation où l'entreprise chercherait à préserver au maximum les éléments validés ou à valider ce qu'elle cherche à préserver.

À première vue, le modèle d'affaires n'est pas validé à l'issue du mode de développement 3, ce qui entre en contradiction avec le constat du large déploiement de la proposition de valeur (démontré dans la section 3.3). Toutes les dimensions du modèle d'affaires semblant être remises en question, cette première approche rend difficilement compte des préservations.

4.3. Des choix de conception bien préservés et au service de l'innovation : mise en évidence du patrimoine de création de l'entreprise

Une analyse des trois premiers modes de développement, complémentaire à celle de l'approche par le modèle d'affaires, est obtenue avec les matrices de Suh. Chaque mode a été traduit dans le langage des besoins fonctionnels (FR) et des paramètres de conception (DP), comme expliqué précédemment. Les fonctions réalisées par chacun des modes de développement (représentées en colonnes) et les paramètres de conception (en lignes) sont décrits avec précision grâce aux données collectées.

Le travail a également consisté à ordonner les lignes et les colonnes de la matrice pour rendre compte de sa structure. La recherche d'une structure commune aux différentes matrices et d'une conception découplée (matrice diagonale, diagonale par blocs ou triangulaire) a joué

sur les choix d’ordonnancement (facilités par la proximité des FR et des DP caractérisant les différents modes de développement). Si chaque FR s’écrit en fonction d’un unique DP, la matrice obtenue est diagonale : la conception est non couplée. Dans le cas où l’on obtient une matrice triangulaire, la conception est dite découplée : la modification des DP dans le bon ordre permet toujours de réaliser les FR de manière indépendante. Les figures 2, 3 et 4 rendent compte de ce travail sur les trois premiers modes de développement de la start-up considérée.

Concrètement, pour construire les matrices de Suh, nous considérons les fonctions réalisées par le mode de développement et définies à partir du cahier des charges du mode de développement (dont le tableau 2 a fourni précédemment quelques indications). Une étude fine du système technique associée à ce mode de développement met en rapport les paramètres de conception développés par l’entreprise avec les fonctionnalités demandées. La matrice est ensuite réarrangée pour rendre visibles certaines proximités dans l’utilité des FR et des DP. D’un mode de développement à l’autre, on se rend compte que les FR comme les DP sont majoritairement reconduits, ainsi que les liens entre eux.

Figure 2. Matrice de Suh du premier mode de développement et structure des activités principales

Mode de développement 1	Approvisionner les points de vente	Approvisionner les distributeurs	Faire la récolte des fruits	Effectuer la maintenance	Créer un environnement contrôlé	Contrôler le système à distance	Automatiser la collecte de données	Réduire la consommation électrique	Réduire la consommation d'eau	Mutualiser les opérations
	COMMERCIALISATION									
Barquettes	x	x								
Support-étagé de vente	x	x								
Ressource humaine	x	x	CULTURE							x
Colonne de culture (aéroponie)			x		INGÉNIERIE DU SYSTÈME					
Outil productif			x	x	x	x	x	x	x	x
LED					x	x	x	x		
HVAC (chauffage, ventilation, climatisation)					x	x	x			
Capteurs						x	x	x	x	
Zone de mise en barquettes										x
										PRODUCTIVITÉ

Source : élaboration propre

Figure 3. Matrice de Suh du deuxième mode de développement et structure des activités principales

Mode de développement 2	Approvisionner les distributeurs	Faire la récolte	Effectuer la maintenance	Créer un environnement contrôlé	Contrôler le système à distance	Automatiser la collecte de données	Réduire la consommation électrique	Réduire la consommation d'eau	Mutualiser les opérations	Mutualiser les éléments techniques	Augmenter les espaces de culture	Produire de nouvelles variétés
Barquettes	x	COMMERCIALISATION										
Support-étage de vente	x											
Ressource humaine		x	x									x
Colonne de culture (hydroponie et aéroponie)		x					x	x				
Outil productif		x	x									
LED				x	x	x	x					
HVAC (chauffage, ventilation, climatisation)				x	x	x						
Capteurs					x	x	x	x				
Zone de mise en barquettes									x		x	
Unité technique										x	x	
Unité de production verticale										x	x	x
Unité de production horizontale										x	x	x
Étagère, bac, plateau de culture												x
Machine d'ensemencement									x			x
Machine de découpe		x							x			x

Source : élaboration propre

Figure 4. Matrice de Suh du troisième mode de développement et structure des activités principales

Mode de développement 3	Approvisionner les distributeurs	Faire la récolte	Effectuer la maintenance	Créer un environnement contrôlé	Contrôler le système à distance	Automatiser la collecte de données	Réduire la consommation électrique	Réduire la consommation d'eau	Mutualiser les opérations	Mutualiser les éléments techniques	Augmenter les espaces de culture	Assurer des quantités suffisantes
Barquettes	x	COMMERCIALISATION										
Support-étage de vente	x											
Ressource humaine		x	x									x
Colonne de culture (hydroponie)		x					x	x				
Outil productif		x	x									
LED				x	x	x	x					
HVAC (chauffage, ventilation, climatisation)				x	x	x						
Capteurs					x	x	x	x				
Zone de mise en barquettes									x		x	
Unité technique										x	x	
Unité de production verticale										x	x	x
Unité de production horizontale										x	x	x
Étagère, bac, plateau de culture												x
Machine d'ensemencement									x			x
Machine de découpe		x							x			x
Variétés produites									x			x

Source : élaboration propre

La surprise est de constater que les figures 2, 3 et 4 font apparaître une structure de matrice diagonale par blocs. L'axiome d'indépendance est respecté, ce qui confère une robustesse à la solution technique, donc une bonne conception. Cette première observation n'était pas directement prévisible et met en évidence la performance des choix de conception réalisés.

En outre, la structure de matrice diagonale par blocs est préservée au cours des développements successifs. Pour la conception des futurs produits (et en particulier le mode de développement 4, dont les données à disposition ne permettent pas de constituer la matrice correspondante), cette approche montre l'enjeu d'une conservation des relations entre les activités pour préserver le modèle de développement. Dans le cas particulier d'ANSOVIN, les choix de conception futurs ont tout intérêt à être menés de façon à respecter cet axiome d'indépendance, qui contribue à la performance des premiers modes de développement. Par conséquent, on met en évidence le patrimoine de création de l'entreprise, qui se trouve précisément dans la préservation de cette structure diagonale par bloc. Cette structure est stable et supporte toutes les explorations, qui passent ainsi par un enrichissement des FR (c'est-à-dire enrichissement des fonctionnalités et exploration de nouveaux modèles d'affaires) et des DP (nouvelles expertises techniques).

Ainsi, on peut en déduire que la stratégie d'ANSOVIN consiste à préserver une structure d'indépendance :

1. l'indépendance entre les activités de culture (agronomie) et les activités de développement de l'outil productif (ingénierie système) ;
2. l'indépendance de la stratégie de développement commercial ;
3. l'indépendance des activités liées à l'amélioration de la productivité, qui ajoutent de nouvelles fonctionnalités en minimisant les effets sur les développements passés.

Ces structures d'indépendance préservées étant garantes de l'atteinte des performances distinctives de la start-up vis-à-vis de ses concurrents, on peut les considérer comme étant génératives. Cette préservation de structures d'indépendance génératives est la trace d'un patrimoine de création au sens d'Hatchuel *et al.* (2019). Ce patrimoine de création est maintenu et enrichi par la construction et l'assimilation progressive de nouvelles techniques et de nouvelles applications, tout en maintenant les indépendances dans le rapport entre ces techniques, les fonctionnalités du produit et les attentes du marché.

Par ailleurs, l'identification de ces structures d'indépendance permet d'expliquer les choix *a priori* étonnants que sont les préservations sans validation. En rendant l'ingénierie du système technique indépendante des activités de culture, les décisions relatives aux espèces cultivées n'influencent pas la conception technique du système. La validation ne porte dès lors plus sur les éléments précis du modèle d'affaires (espèce cultivée pour la vente en B2B), mais sur la capacité à maintenir cette indépendance, vue comme un choix de conception, qui est à préserver. La définition du patrimoine de création à partir de ces structures d'indépendance permet donc d'effectuer un déplacement de ce qui fait l'objet de validation ou de préservation. C'est par la définition de son patrimoine de création que la start-up peut déterminer ce qu'il y a à préserver pour poursuivre l'activité exploratoire durant cette phase de *scale-up*.

5. Discussion

5.1. Le patrimoine de création, une ressource à constituer

Nous avons montré que le langage de la conception, à travers les matrices de Suh, permet de déterminer les préservations du type « relations d'indépendance » (et réciproquement de couplage) entre les activités. Les préservations ne portent ainsi pas directement sur les res-

sources, mais sur les moyens d'acquisition. Cette étude propose une autre approche pour caractériser le développement de la start-up en phase de *scale-up* : en se focalisant sur la constitution de son patrimoine de création, la start-up est en mesure de générer une gamme de produits à moindre effort. On peut ici faire un rapprochement avec la notion de reproduction : il ne s'agit pas de reproduire les éléments du modèle d'affaires, mais de reproduire des relations d'indépendance ou de couplage.

La phase de *scale-up* apparaît dès lors non plus comme une reproduction d'un modèle d'affaires validé (Lund & Nielsen, 2018), mais comme une phase où l'on conçoit les règles d'indépendance qui permettront d'allier stabilité et générativité. À travers ces règles et le caractère générique de la technologie, la start-up *deeptech* se dote d'une capacité à générer une famille de produits (Le Masson *et al.*, 2016). Le patrimoine de création apparaît alors comme une ressource nouvelle favorisant la capacité de l'entreprise à proposer des technologies génériques (Kokshagina, 2014), voire à faire émerger une stratégie de développement de plateforme, interne ou externe au sens développé par Gawer et Cusumano (2014). Le patrimoine de création trace les frontières de l'espace de conception atteignable : en le formulant, la start-up peut définir ses modes de développement futurs concevables. Déterminer le patrimoine de création en amont des choix de pilotage laisse entrevoir d'importantes implications stratégiques. Des dispositifs d'accompagnement spécifiques pourraient ainsi voir le jour pour mettre en évidence le patrimoine de création des entreprises aidées.

L'intérêt d'une focalisation sur les préservations réside également dans la capacité de la start-up à poursuivre son développement en assurant une meilleure générativité : faire l'économie d'explorations supplémentaires permet à une start-up *deeptech*, soumise à de nombreux inconnus, de déployer un effort de conception plus important sur certains inconnus. Dès lors que la start-up *deeptech* se définit vis-à-vis d'un ou plusieurs *grand challenges* (George *et al.*,

2016) à relever, l'enjeu principal, pour les fondateurs comme pour la puissance publique qui accompagne (financièrement) le développement, est de fournir l'effort de conception sur ces inconnus liés à la résolution du *grand challenge*. Une meilleure générativité de la start-up mise au service de la prise en compte des *grand challenges* peut alors affecter la nature du *scale-up*, dont la réussite se définirait par rapport à sa contribution à la résolution d'un défi majeur.

5.2. Identifier le patrimoine de création

L'approche issue de la conception complète la perspective proposée par la littérature sur les modèles d'affaires à propos du *scale-up*. Ce résultat rejoint les travaux de Girgenti *et al.* (2016), qui proposent également d'associer la méthodologie du *lean startup* aux matrices de Suh. Toutefois, Girgenti *et al.* (2016) y ont recours pour construire les MVP, alors que nous avons utilisé les matrices de Suh *a posteriori* pour analyser les choix de conception et *in fine* pour identifier le patrimoine de création d'une start-up. Un autre usage des matrices de Suh pourrait alors être d'y avoir recours pour multiplier l'exploration de modèles d'affaires dans le cas de technologies génériques.

La nouveauté introduite par la notion de patrimoine de création vis-à-vis des travaux sur les modèles d'affaires réside dans le changement de nature de ce qui est stabilisé : la gestion des préservations ne porte pas exclusivement sur les éléments validés du modèle d'affaires, mais sur ce qui permet une poursuite de la création. Les travaux menés par Cohendet *et al.* (2017) sur la sélection d'idées dans le cadre de l'enrichissement d'un processus d'innovation sont un exemple de gestion des préservations. S'il s'agit pour eux de préserver des idées, préalablement générées, cela nécessite un système d'évaluation pour sélectionner celles à préserver. Néanmoins, les auteurs ne font pas état dans leurs travaux de préservations au niveau des systèmes d'évaluation eux-mêmes. Le patrimoine de création permet de penser aussi ces préservations-là.

5.3. L'apport des outils de la conception à l'entrepreneuriat

D'une part, les matrices de Suh ont mis en évidence ce qui se préserve d'un mode de développement à l'autre, en particulier lorsque ce mode de développement consiste en un pivot. En effet, si des modifications intrinsèques du modèle d'affaires apparaissent après l'invalidation de certains de ses éléments constitutifs, les matrices de Suh font apparaître la préservation d'une structure. En repartant de la définition du pivot proposée par Eisenmann *et al.* (2013), à savoir « a revised model that changes some model elements while retaining others » (p. 1), l'approche par la conception permet alors de mettre en évidence des éléments à retenir (la partie fixe du pivot), qui composent le patrimoine de création. La notion de patrimoine de création enrichit ainsi la définition du pivot, en explicitant ce qui a intérêt à être préservé pour garantir la générativité future du nouveau modèle déterminé.

D'autre part, l'apport de la conception aux travaux en entrepreneuriat ainsi mis en évidence rejoint les travaux de Berglund *et al.* (2018) à l'origine du champ de l'*entrepreneurship as design*. Sans nous limiter à l'idée que l'entrepreneur est un concepteur, nous montrons que les outils de la conception ainsi que les concepts issus de la recherche sur le management de la conception apportent un nouvel éclairage sur l'entrepreneuriat.

5.4. Démarrage du *scale-up*

Par ailleurs, ces travaux montrent que le *product-market fit* ne peut pas être considéré comme une preuve suffisante pour démarrer le *scale-up* : malgré la conception d'un produit ayant rencontré un marché, l'analyse sur le modèle d'affaires a souligné que des éléments validés n'étaient pas toujours préservés dans les modes de développement futurs. On est alors en mesure de questionner le *product-market fit* comme preuve de *scalability* (Eisenmann *et al.*, 2013), aussi suggéré par Sanasi (2023). Sur le plan théorique, cette discussion vient enrichir l'approche stratégique développée par la méthodologie du *lean startup* en cherchant à proposer

une nouvelle preuve relative au *scale-up*, qui repose sur la capacité de l'entreprise à générer une gamme de produits à partir des préservations pour mieux créer.

Finalement, nous contribuons à proposer une nouvelle compréhension de la phase de *scale-up*, qui ne démarre pas lorsque tout est validé, comme en témoignent les préservations qui perdurent. On peut alors se demander si l'entreprise ne démarre pas sa phase de *scale-up* lorsqu'elle se pose la question de la constitution de son patrimoine de création.

6. Conclusion

6.1. Préserver pour créer : l'apport du patrimoine de création

L'ambition de notre recherche est de contribuer à la compréhension de la phase de *scale-up* des start-up *deeptech*. À partir d'un questionnement portant sur la gestion de la tension entre la validation des éléments de leur modèle d'affaires et l'exploration nécessaire à l'innovation, nous avons revu la distinction entre validation et exploration à partir de celle entre validation et préservation. Si la première paraît commune, la seconde est plus paradoxale : alors que l'on devrait systématiquement chercher à préserver les éléments validés, l'étude du cas d'ANSO-VIN montre une originalité dans le rapport entre validation et préservation.

La start-up *deeptech*, dans cette phase de *scale-up*, se construit une capacité à gérer les préservations pour mieux créer, c'est son patrimoine de création. Il ne s'agit pas d'en faire la réunion de l'ensemble des validations réalisées, mais bien de distinguer les préservations choisies pour garantir la généricité de la technologie. C'est en particulier cet effort de conception dont doivent se saisir les entrepreneurs et qui peut être soutenu par les dispositifs d'accompagnement.

En outre, le recours aux matrices de Suh dans l'analyse des MVP pour déterminer des préservations génératives est une contribution managériale majeure du propos. Les matrices de Suh apparaissent comme un outil pertinent pour les entrepreneurs ainsi que pour les structures d'accompagnement des projets de start-up *deeptech*. Par ailleurs, la pertinence de l'approche par la conception en complément d'une approche par les modèles d'affaires fournit une contribution théorique.

6.2. Limites de la recherche

D'une part, le recours aux matrices de Suh n'est pas systématiquement adapté à la mise en lumière des préservations pour d'autres cas de start-up *deeptech*. En particulier, ce pourrait être plus difficile pour des start-up *deeptech* de l'économie numérique, proches de start-up non technologiques, qui feraient plus difficilement apparaître les relations entre les différentes activités de conception.

D'autre part, la perspective apportée par le langage de la conception doit être considérée comme complémentaire à une approche par le langage du modèle d'affaires. On retrouve bien l'intention des start-up *deeptech* de développer des MVP ; les plus simples possibles malgré la complexité technologique et l'absence de marché. Une étude plus approfondie de l'ingénierie de conception apporte des informations sur les règles que se donne la start-up pour se développer durant la phase de *scale-up*. Mais cette approche restreinte à l'usage des matrices de Suh ne prend pas encore en compte les problématiques de structuration de l'écosystème : les préservations pourraient aussi dépendre des effets de réseau entre la start-up et ses parties prenantes externes, qui apparaissent aussi dans les dimensions du modèle d'affaires à valider (Demil *et al.*, 2018).

6.3. Perspectives de recherches futures

Une première application de ces travaux sur d'autres cas de start-up *deeptech*, voire au sein de grandes entreprises technologiques qui déploient des projets en interne serait bienvenue pour élaborer un modèle plus complet des types et des mécanismes de préservation. L'élaboration d'un modèle de constitution du patrimoine de création d'une start-up *deeptech* pourrait permettre de saisir les enjeux de construction d'une lignée de produits.

La prise en considération d'une phase préliminaire à la phase de *scale-up*, qui consisterait en la constitution du patrimoine de création, devrait avoir des répercussions sur les chaînes de financement existantes. Le développement de fonds spécialisés en *deeptech* et la mise en place de programmes d'accompagnement spécifiques à ce type de start-up (en France) soulignent bien la nécessaire prise en compte des caractéristiques propres des start-up *deeptech*, jusque dans les dispositifs de financement. Ces derniers gagneraient à exploiter la généricité des solutions portées par les start-up *deeptech* pour atteindre plusieurs marchés.

Enfin, les résultats relatifs au patrimoine de création, à sa constitution et à son usage comme ressource pour la réussite du *scale-up* et sa capacité générative ouvrent la perspective d'une définition du patrimoine de création comme outil de gestion, dont les entreprises peuvent se saisir bien au-delà de la seule phase de *scale-up*.

Références

- Aernoudt, R. (2017). Executive forum: The scale-up gap: and how to address it. *Venture Capital*, 19(4), 361-372. <https://doi.org/10.1080/13691066.2017.1348724>
- Aggeri, F. (2016). La recherche-intervention : fondements et pratiques. In J. Barthélemy & N. Mottis (dir.), *À la pointe du management. Ce que la recherche apporte au manager* (p. 79-100). Dunod. <https://doi.org/10.3917/dunod.barth.2016.01.0079>
- Aspara, J., Hietanen, J. & Tikkanen, H. (2010). Business model innovation vs replication: Financial performance implications of strategic emphases. *Journal of Strategic Marketing*, 18(1), 39-56. <https://doi.org/10.1080/09652540903511290>
- Baden-Fuller, C. & Winter, S. G. (2008). *Replicating organizational knowledge: Principles or templates?* SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1118013>
- Baldwin, C. Y. & Clark, K. B. (2000). *Design Rules: The power of modularity* (vol. 1). MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/2366.001.0001>
- Berglund, H., Dimov, D. & Wennberg, K. (2018). Beyond bridging rigor and relevance: The three-body problem in entrepreneurship. *Journal of Business Venturing Insights*, 9, 87-91. <https://doi.org/10.1016/j.jbvi.2018.02.001>
- Bresnahan, T. F. & Trajtenberg, M. (1995). General purpose technologies “Engines of growth”? *Journal of Econometrics*, 65(1), 83-108. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01598-T](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01598-T)
- Cavallo, A., Ghezzi, A., Dell’Era, C. & Pellizzoni, E. (2019). Fostering digital entrepreneurship from startup to scaleup: The role of venture capital funds and angel groups. *Technological Forecasting and Social Change*, 145, 24-35. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.04.022>
- Chaturvedi, S. (2015, July 28). *So what exactly is “deep technology”?* [LinkedIn post]. *LinkedIn*. Retrieved from <https://www.linkedin.com/pulse/so-what-exactly-deep-technology-swati-chaturvedi>
- Cogez, P., Lécuyer, C., Le Masson, P. & Weil, B. (2020). Organiser la rupture continue dans un écosystème industriel : la loi de Moore comme patrimoine de création collective dans l’industrie des semi-conducteurs. *Entreprises et histoire*, (98), 152-166. <https://doi.org/10.3917/eh.098.0152>
- Cohendet, P., Parmentier, G. & Simon, L. (2017). Managing knowledge, creativity and innovation. In H. Bathelt, P. Cohendet, S. Henn & L. Simon (dir.), *The Elgar Companion to Innovation and Knowledge Creation*. Edward Elgar. <https://doi.org/10.4337/9781782548522.00021>
- Cubero, J. N. & Segura, C. C. (2020). Key activities for successful ventures scaling up. *Academy of Entrepreneurship Journal*, 26(4). <https://doi.org/1528-2686-26-4-423>

Davila, A., Foster, G. & Gupta, M. (2003). Venture capital financing and the growth of startup firms. *Journal of Business Venturing*, 18(6), 689-708. [https://doi.org/10.1016/S0883-9026\(02\)00127-1](https://doi.org/10.1016/S0883-9026(02)00127-1)

Demil, B., Lecocq, X. & Warnier, V. (2018). “Business model thinking”, business ecosystems and platforms: The new perspective on the environment of the organization. *M@n@gement*, 21(4), 1213-1228. <https://doi.org/10.3917/mana.214.1213>

Dunford, R., Palmer, I. & Benveniste, J. (2010). Business model replication for early and rapid internationalisation: The ING direct experience. *Long Range Planning*, 43(5-6), 655-674. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2010.06.004>

Durufilé, G., Hellmann, T. F. & Wilson, K. E. (2017). *From start-up to scale-up: Examining public policies for the financing of high-growth ventures* (CEPR Discussion Paper n° DP12004). SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2913512>

Eisenmann, T. R., Ries, E. & Dillard, S. (2012). *Hypothesis-driven entrepreneurship: The lean startup* (Harvard Business School Entrepreneurial Management Case n° 812-095). SSRN. <https://ssrn.com/abstract=2037237>

Eppinger, S. D. & Browning, T. R. (2012). *Design Structure Matrix Methods and Applications*. MIT Press.

Gawer, A. & Cusumano, M. A. (2014). Industry platforms and ecosystem innovation. *Journal of Product Innovation Management*, 31(3), 417-433. <https://doi.org/10.1111/jpim.12105>

Gbadegeshin, S. A. & Heinonen, L. (2016). Application of the lean start-up technique in commercialisation of business ideas and innovations. *International Journal of Business Management and Research*, 43(1), 1270-1285.

George, G., Howard-Grenville, J., Joshi, A. & Tihanyi, L. (2016). Understanding and tackling societal grand challenges through management research. *Academy of Management Journal*, 59(6), 1880-1895. <https://doi.org/10.5465/amj.2016.4007>

Girgenti, A., Pacifici, B., Ciappi, A. & Giorgetti, A. (2016). An axiomatic design approach for customer satisfaction through a lean start-up framework. *Procedia CIRP*, 53, 151-157. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.06.101>

Tour, A. de la, Soussan, P., Harlé, N., Chevalier, R. & Duportet. (2017). *From Tech to Deep Tech. Fostering collaboration between corporates and startups*. Boston Consulting Group. <https://media-publications.bcg.com/from-tech-to-deep-tech.pdf>

Hatchuel, A., Le Masson, P., Weil, B. & Carvajal-Perez, D. (2019). Innovative design within tradition—Injecting topos structures in c-k theory to model culinary creation heritage. *Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design*, 1(1), 1543-1552. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/dsi.2019.160>

Hooge, S., Kokshagina, O., Le Masson, P., Levillain, K., Weil, B., Fabreguettes, V. & Popiolek, N. (2016). Gambling versus designing: Organizing for the design of the probability

space in the energy sector. *Creativity and Innovation Management*, 25(4), 464-483. <https://doi.org/10.1111/caim.12178>

Hughes, T. P. (1983). L'électrification de l'Amérique. *Culture technique*, 10, 20-41.

Kazanjian, R. K. & Drazin, R. (1990). A stage-contingent model of design and growth for technology based new ventures. *Journal of Business Venturing*, 5(3), 137-150. [https://doi.org/10.1016/0883-9026\(90\)90028-R](https://doi.org/10.1016/0883-9026(90)90028-R)

Kokshagina, O. (2014). *Risk management in double unknown: Theory, model and organization for the design of generic technologies* [thèse de doctorat, École nationale supérieure des Mines de Paris]. <https://pastel.hal.science/pastel-01038009/>

Kokshagina, O., Le Masson, P., Weil, B. & Cogez, P. (2016). Portfolio management in double unknown situations: Technological platforms and the role of cross-application managers. *Creativity and Innovation Management*, 25(2), 270-291. <https://doi.org/10.1111/caim.12121>

Kollmann, T., Stöckmann, C., Niemand, T., Hensellek, S. & de Cruppe, K. (2021). A configurational approach to entrepreneurial orientation and cooperation explaining product/service innovation in digital vs. non-digital startups. *Journal of Business Research*, 125, 508-519. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.041>

Lecocq, X., Demil, B. & Warnier, V. (2006). Le business model, un outil d'analyse stratégique. *L'Expansion Management Review*, 123(4), 96-109. <https://doi.org/10.3917/emr.123.0096>

Le Masson, P., Hatchuel, A., Kokshagina, O. & Weil, B. (2017). Designing techniques for systemic impact: Lessons from C-K theory and matroid structures. *Research in Engineering Design*, 28(3), 275-298. <https://doi.org/10.1007/s00163-016-0241-4>

Lund, M. & Nielsen, C. (2018). The concept of business model scalability. *Journal of Business Models*, 6(1), 1-18. <https://doi.org/10.5278/ojs.jbm.v6i1.2235>

Massa, L., Tucci, C. L. & Afuah, A. (2017). A critical assessment of business model research. *Academy of Management Annals*, 11(1), 73-104. <https://doi.org/10.5465/annals.2014.0072>

Monteiro, G. F. A. (2018). High-growth firms and scale-ups: A review and research agenda. *RAUSP Management Journal*, 54(1), 96-111. <https://doi.org/10.1108/RAUSP-03-2018-0004>

Passaro, R., Ripa, P., Quinto, I. & Thomas, A. (2016). *The start-up lifecycle: An interpretative framework proposal* [communication orale]. XVII Annual Scientific Meeting of the Italian Association of Management Engineering (AiIG) – Higher Education and Socioeconomic Development, October 13-14, Bergamo, 1-25. https://www.researchgate.net/publication/309810631_The_start-up_lifecycle_an_interpretative_framework_proposal

Picken, J. C. (2017). From startup to scalable enterprise: Laying the foundation. *Business Horizons*, 60(5), 587-595. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2017.05.002>

Ries, E. (2011). *The Lean Startup: How constant innovation creates radically successful businesses*. Portfolio Penguin.

- Sanasi, S. (2022). *Business Model Experimentation. A scientific approach to Strategy and Entrepreneurship* [Doctoral dissertation, Politecnico di Milano]. <https://www.politesi.polimi.it/handle/10589/183698>
- Sanasi, S. (2023). Entrepreneurial experimentation in business model dynamics: Current understanding and future opportunities. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 19(2), 805-836. <https://doi.org/10.1007/s11365-023-00836-7>
- Sarasvathy, S. D. (2001). Causation and effectuation: Toward a theoretical shift from economic inevitability to entrepreneurial contingency. *Academy of Management Review*, 26(2), 243-263. <https://doi.org/10.2307/259121>
- Schuh, G., Latz, T. & Lorenz, J. (2022). Governmental support options for the technology transfer of deep tech innovations. *Information Technology and Management Science*, 25(1), 24-36. <https://doi.org/10.7250/itms-2022-0004>
- Schuh, G., Studerus, B. & Hämmerle, C. (2022). Development of a life cycle model for deep tech startups. *Journal of Production Systems and Logistics*, 2. <https://doi.org/10.15488/11730>
- Siegel, J. & Krishnan, S. (2020). Cultivating invisible impact with deep technology and creative destruction. *Journal of Innovation Management*, 8(3), 6-19. https://doi.org/10.24840/2183-0606_008.003_0002
- Sinclair-Desgagné, B. (2022). Measuring innovation and innovativeness: A data-mining approach. *Quality & Quantity*, 56(4), 2415-2434. <https://doi.org/10.1007/s11135-021-01231-6>
- Stampfl, G., Prügl, R. & Osterloh, V. (2013). An explorative model of business model scalability. *International Journal of Product Development*, 18(3-4), 226-248. <https://doi.org/10.1504/IJPD.2013.055014>
- Suh, N. P. (1990). *The Principles of Design*. Oxford University Press.
- Suh, N. P. (1998). Axiomatic design theory for systems. *Research in Engineering Design*, 10(4), 189-209. <https://doi.org/10.1007/s001639870001>
- Thomas, M., Le Masson, P., Weil, B. & Legrand, J. (2021). The future of digital platforms: Conditions of platform overthrow. *Creativity and Innovation Management*, 30(1), 80-95. <https://doi.org/10.1111/caim.12422>
- Winter, S. G. & Szulanski, G. (2001). Replication as strategy. *Organization Science*, 12(6), 730-743. <https://doi.org/10.1287/orsc.12.6.730.10084>
- Zhang, J. J., Lichtenstein, Y. & Gander, J. (2015). Designing scalable digital business models. In C. Baden-Fuller & V. Mangematin (dir.), *Business Models and Modelling* (Advances in Strategic Management, vol. 33, p. 241-277). Emerald. <https://doi.org/10.1108/S0742-332220150000033006>