

Éléments de corrigé pour le TD3 : « ACF du grattoir pour vitres givrées »

L'objectif du TD est :

- De pratiquer l'analyse causale fonction, et de prendre ainsi connaissance de cette structure en causes / fonction nécessaire / buts
- D'apprendre à l'exploiter pour une recherche systématique d'innovations :
 - « Préventives » : en amont, du côté des causes, avant que la fonction ne soit nécessaire ;
 - « Curatives » : en aval, du côté des buts, pour répondre au besoin par d'autres moyens que la fonction.

Comment s'y prendre ? Considérations générales sur la pratique de l'ACF

Deux niveaux de regard à articuler pour établir l'analyse causale :

- La vision globale des grandes lignes de force en présence, du sens global ;
- La logique pas à pas d'enchaînement des causes et des buts.

Selon votre vision préférentielle, vous pouvez donc attaquer par l'un des angles suivants (puis évidemment apprendre à compléter par les angles qui vous sont moins évidents et moins confortables) :

- i. Soit commencer par représenter les grands blocs de causes et buts (ex : saisir qu'il y a en parallèle la formation du givre et la formation du projet d'utiliser la voiture) puis les remplir.
- ii. Soit commencer par lister les causes et buts comme cela vous vient, en vrac, sur des post-it par exemple ; puis les ordonner en morceaux de chaînes, puis en une AC.
- iii. Soit commencer par un point précis et continuer de proche en proche ; par exemple partir de la fonction principale et remonter d'un cran en vous demandant à cause de quoi cette fonction doit exister.

Par exemple, pour trouver les buts, on part de la fonction et on descend en se demandant : on réalise la fonction POUR (afin de) ... quoi ? etc. Ou encore : à quoi cela sert-il de réaliser la fonction ? Et ainsi de suite : on identifie la chaîne des buts en poursuivant les « à quoi ça sert ? ». Remarquons qu'on atteint très vite (en quatre ou cinq sauts) des questions qui relèvent du projet de vie, des principes, du sens, des valeurs. Il convient sans doute d'en sourire, mais sérieusement. Car, ici, nous découvrons que le grattoir est dans la situation étudiée un objet nécessaire pour arriver au travail malgré des obstacles, pour y arriver à l'heure, c'est-à-dire en respectant le contrat de travail et/ou le contrat moral et/ou nos propres exigences et valeurs. Que ce petit bout de plastique soit relié à de tels enjeux peut faire sourire, mais on comprend également, aussi insatisfaisant soit-il techniquement, la valeur qu'il prend, qui explique que nous sommes bien soulagés d'en disposer à cet instant.

Au passage, ce TD est l'occasion de s'interroger sur le sens du travail, en descendant dans les buts : elle travaille afin de... ? Et force est de constater, l'âme en peine, que la plupart des étudiants répondent « pour gagner de l'argent » ou, pire, « pour gagner sa vie ».

Nous retrouvons ici le propos tenu en cours, selon lequel en analyse de la valeur nous conjugons à la fois une dimension rationnello-fonctionnello-technique et une dimension éthique (principes, valeurs), et nous envisageons les objets étudiés sous ce double aspect.

Si nous venons de faire ce constat à propos des buts, il en est de même du côté d'une partie des causes, celle qui concerne les choix et devoirs (cf. plus bas le paragraphe sur l'effet miroir).

La métaphore « chaîne » causale est intéressante : pour que la fonction soit validée par cette analyse, il faut au moins une chaîne qui y arrive et une chaîne qui en parte. Si nous ne sommes pas capables d'énoncer des *tenants* et *aboutissants* pour la fonction, c'est sans doute qu'elle n'est là que par habitude et inertie, et qu'on peut la supprimer.

Une autre vertu de l'outil est de démêler les « pourquoi du comment du parce que », ce qui permet ensuite une analyse et une création systématiques, maillon par maillon.

ANALYSE : recherche de la fonction principale

Assez souvent, on pense spontanément à :

L'objet permet à l'utilisatrice d'enlever (ou retirer) le givre du parebrise

Petit problème : il n'y a pas que le parebrise, il y a aussi les autres vitres (voire les rétroviseurs)¹. Il faut donc généraliser :

L'objet permet à l'utilisatrice d'enlever le givre des surfaces vitrées de son automobile

Vous avez peut-être aussi voulu abstraire davantage (et c'est bien naturel étant donné le début de l'UV), et vous avez ainsi peut-être rédigé avec l'idée *d'obtenir les vitres exemptes de givre*.

Cette fonction est juste, mais pour une ACF il vaut mieux partir d'une fonction plus concrète, car la recherche des buts de la fonction se chargera de l'abstraction fonctionnelle. En effet, plus on descend dans les buts, plus on cherche les finalités, c'est-à-dire la fonction de la fonction, puis la fonction de la fonction de la fonction, etc. On est donc en train d'augmenter le niveau d'abstraction. C'est ainsi que lorsqu'on fait l'analyse causale d'un objet, on peut partir d'une fonction principale peu abstraite, puisque l'énoncé des buts se chargera de voir loin.

➔ On retient donc : *L'objet permet à l'utilisatrice d'enlever le givre des surfaces vitrées de son automobile*

ANALYSE : ACF

Quelques erreurs ou oublis classiques

Si vous avez mis froid + humidité = givre

Avons-nous bien tous les éléments pour la fabrication du givre ?

Lorsque l'utilisatrice sort de chez elle, s'assomme-t-elle dans un mur de givre, alors que froid et humidité sont omniprésents ? Non : il manque une 3^{ème} condition (que vous pouvez découvrir intuitivement, même si vous n'avez pas fait de cristallographie), à savoir une condition d'information : il s'agit ici des vitres, dont on réalise d'ailleurs qu'elles sont particulièrement propices à la formation du givre (malédiction !).

Il faut donc :

- De la matière à organiser, ici l'eau
- Une condition énergétique (surfusion, sursaturation), ici le froid
- Une condition d'information, une structure fine propice au dépôt, ici, les vitres

¹ Idéalement, en lisant ceci, le voyant « typologie » s'est allumé sur votre tableau de bord DI05. En effet, il y a différentes surfaces vitrées, avec des emplacements et des géométries différentes, voire des enjeux différents en termes de visibilité. On remarque d'ailleurs que ces vitres ont des noms différents : pare-brise, vitres latérales (comprenant les vitres avant, les vitres arrière et les custodes), lunette arrière. Mais pour ce TD rapide, on fait simple et on traite toutes les surfaces vitrées en même temps.

Si vous avez une silhouette d'ACF de forme générale :*Froid → givre → elle gratte*

...Eh bien, bravo à vous, vous avez modélisé une névrose nommée givrophobie.

Elle voit du givre sur ses vitres, elle se dit « ah mais c'est pas vrai, sur MA bagnole ? ». Elle gratte, furieusement bien sûr, puis elle retourne se coucher.

Il faut en effet penser à tout un bloc de causes : son projet d'aller au travail en voiture.

L'effet miroir et la rédaction précise et détaillée des causes et des buts

La grande difficulté, c'est le « miroir » : certaines causes semblent être des buts, et vice versa. Deux cas de figure :

- Parfois c'est parce que notre logique est en défaut, nous prenons le sujet de travers, parce que nous avons l'habitude que les choses se déroulent ainsi, et nous sommes pris dans une causalité circulaire : on fait ainsi car on a toujours fait ainsi, on fait ainsi car on a l'objet pour le faire ; dans pareil cas, il faut démêler ce qui est cause et ce qui est but, c'est intellectuellement vital.
- Mais dans d'autres cas, l'effet miroir est parfaitement logique, comme pour le grattoir ici. Car l'analyse révèle que :
 - Le projet de l'utilisatrice est d'aller à son travail ; elle a choisi de réaliser ce projet avec sa voiture ; elle s'est organisée en fonction de ce moyen, notamment dans son timing)
 - Ce projet rencontre un obstacle : le givre, qui rend la voiture inutilisable immédiatement.
 - La FP devient alors *nécessaire* (il faut permettre à l'utilisatrice d'enlever *rapidement* le givre des vitres de sa voiture) afin qu'elle puisse mettre son projet à exécution dans le timing prévu. Pour ce faire, elle ne peut pas attendre, ni le dégel, ni que le chauffage de sa voiture fasse effet ; il lui faut une solution rapide. La morphologie de cette AC est donc ici la suivante :

$$\begin{aligned} & \{\text{projet conçu et } \mathbf{lancé}\} + \{\text{obstacle}\} \\ & = \text{problème} = \{\text{projet } \mathbf{bloqué}\} \\ & \{\text{donc FP comme nécessité pour lever l'obstacle}\} \\ & \quad \text{pour} \\ & \quad \{\text{réaliser le projet}\} \\ & = \{\text{projet } \mathbf{réalisé}\} \end{aligned}$$

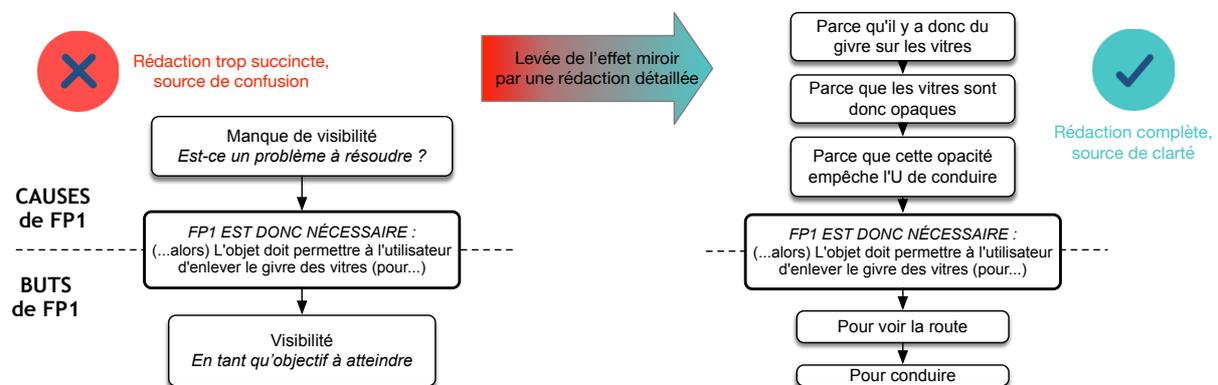
Remarque, en anticipation du prochain cours :

Ne pas confondre cette AC_Fonction avec une AC_Problème parce qu'un problème apparaît dans l'arborescence. Ici, on explicite un problème qui rend la fonction nécessaire, c'est bien une AC_Fonction. Lorsqu'on fait une AC_Problème, on s'occupe d'un problème lié à un dysfonctionnement de l'objet étudié (par exemple ici si on étudiait le problème du manque d'efficacité des grattoirs).

Sur l'effet miroir, notons donc qu'une même idée sera rédigée de façon différente selon qu'elle est du côté des buts ou des causes. Ainsi, très souvent, l'effet miroir n'est qu'un effet d'optique, dû au fait qu'on énonce deux mots au lieu d'une phrase claire. Il est levé dès qu'on rédige plus complètement et plus clairement et qu'on lit l'enchaînement global à voix haute.

Par exemple, on peut dire « manque de visibilité » et se dire que (i) c'est une cause, puisque c'est un problème à résoudre et que (ii) c'est un but parce que l'objectif est de résoudre le manque de visibilité. Mais il suffit d'être plus précis : du côté des causes, on expliquera qu'il y a un processus

de formation du givre, qui a pour conséquence d'opacifier les vitres, et qui s'oppose au projet de conduire. Il y a donc une cause « parce que cette opacité empêche l'utilisatrice de conduire ». Du côté des buts, l'objectif correspondant est « pour voir la route ». Voir le schéma ci-dessous.



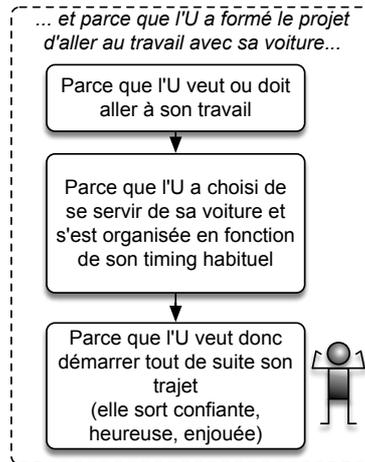
Devant l'effet miroir, le premier réflexe est donc de préciser l'énonciation. La plupart du temps, on en déduit rapidement que l'idée correspond à une cause OU un but, ou bien encore que l'idée est déclinable de chaque côté.

Distinguer et soigner la rédaction des causes et buts en miroir est d'autant plus important que les recherches d'alternative seront de natures différentes, car l'état d'esprit de l'analyste n'est pas le même quand il s'interroge sur des « causes » et sur des « buts ». Par exemple, il semble assez naturel de ne pas faire remonter les causes au-delà de « parce que l'utilisatrice veut ou doit aller à son travail », alors qu'en rédigeant les buts on peut avoir le réflexe de vérifier à quoi ça mène : « pour arriver à son travail », et ensuite ? « pour travailler » (ah, il faut aller au travail pour travailler ? -> alternative du télé-travail à laquelle on n'a pas forcément pensé du côté des causes) ; et à quoi ça sert de travailler ? Et là, chacun sa philosophie : pour s'accroître, pour gagner de l'argent (c'est un but, ça ?), pour contribuer à la société, etc. Pour sentir que gagner de l'argent n'est en général pas le seul but (voire qu'il peut être secondaire pour certaines personnes, posons-nous la question : à salaire équivalent, prenons-nous au hasard n'importe lequel de deux emplois, et sinon quels sont les critères ?

Pour finir sur ce point, soyons encore plus précis sur ce qu'on trouve en miroir ici :

- Du côté des causes, on trouve *l'élaboration* du projet d'aller au travail en voiture. Les alternatives qu'on trouvera concerneront toutes ce projet : doit-elle aller au travail ? Peut-elle y aller autrement ? Peut-elle organiser autrement son timing ? Notamment si elle est prévenue de la présence du givre, se lever plus tôt, ou être réveillée plus tôt.
- Du côté des buts, on trouve la *réalisation* de ce projet, les modalités d'exécution. Et les alternatives correspondantes. Certaines sont symétriques (ex : autres façons d'aller au travail comme le taxi ou à pied, remise en cause du fait d'aller, avec le télétravail) ; certaines sont nouvelles puisqu'elles correspondent à l'exécution du projet prévu (ex : autres façons de voir la route, autres façons de diriger le véhicule).

Cela donne du côté des causes (voir page suivante) :



Et du côté des buts :

Pour conduire = adapter la marche du véhicule aux conditions

De manière générale, le réflexe à développer, est de voir ce qu'il est pertinent de remettre en cause, et comment modéliser l'usage. De toute façon, l'objet étudié est toujours pris dans une histoire (des choix, des habitudes, des façons de faire) et un système technique (qui nous impose des modalités d'interaction, des données d'entrée et de sortie).

Comment traiter toutes les causes négatives qui viennent à l'esprit ?

Par exemple : elle n'a pas le temps d'attendre, son dégivrage automatique n'est pas assez efficace, ça consomme trop de carburant d'attendre le chauffage de la voiture, etc.

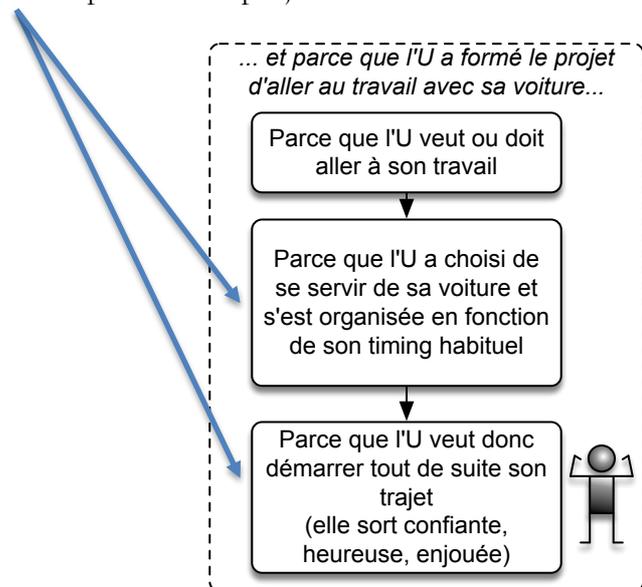
Côté causes, nous ne sommes pas en train de rédiger des fonctions, ce n'est donc pas grave si nous avons des négations. Néanmoins, mieux vaut chercher à dire les choses positivement, quand on le peut, et en tout cas il faut travailler cette matière.

Par exemple, à partir du « elle n'a pas le temps d'attendre que... », on réalise combien le temps est, de façon un peu cachée, une donnée pourtant essentielle de la situation.

On montrera donc que dans son organisation, elle a prévu de partir en voiture à la seconde où elle sort de chez elle. Et ensuite, même si c'est seulement sous-entendu dans le sujet, qu'elle n'a pas le temps d'attendre que ça dégivre tout seul (« d'attendre le dégel ») et que son chauffage agisse.

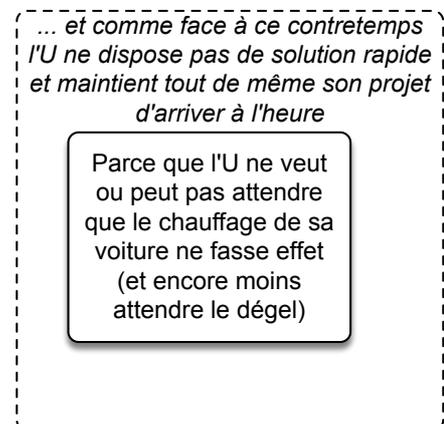
On peut donc choisir de faire comme suit.

Comme vu précédemment, on indique le facteur temps dans son projet :

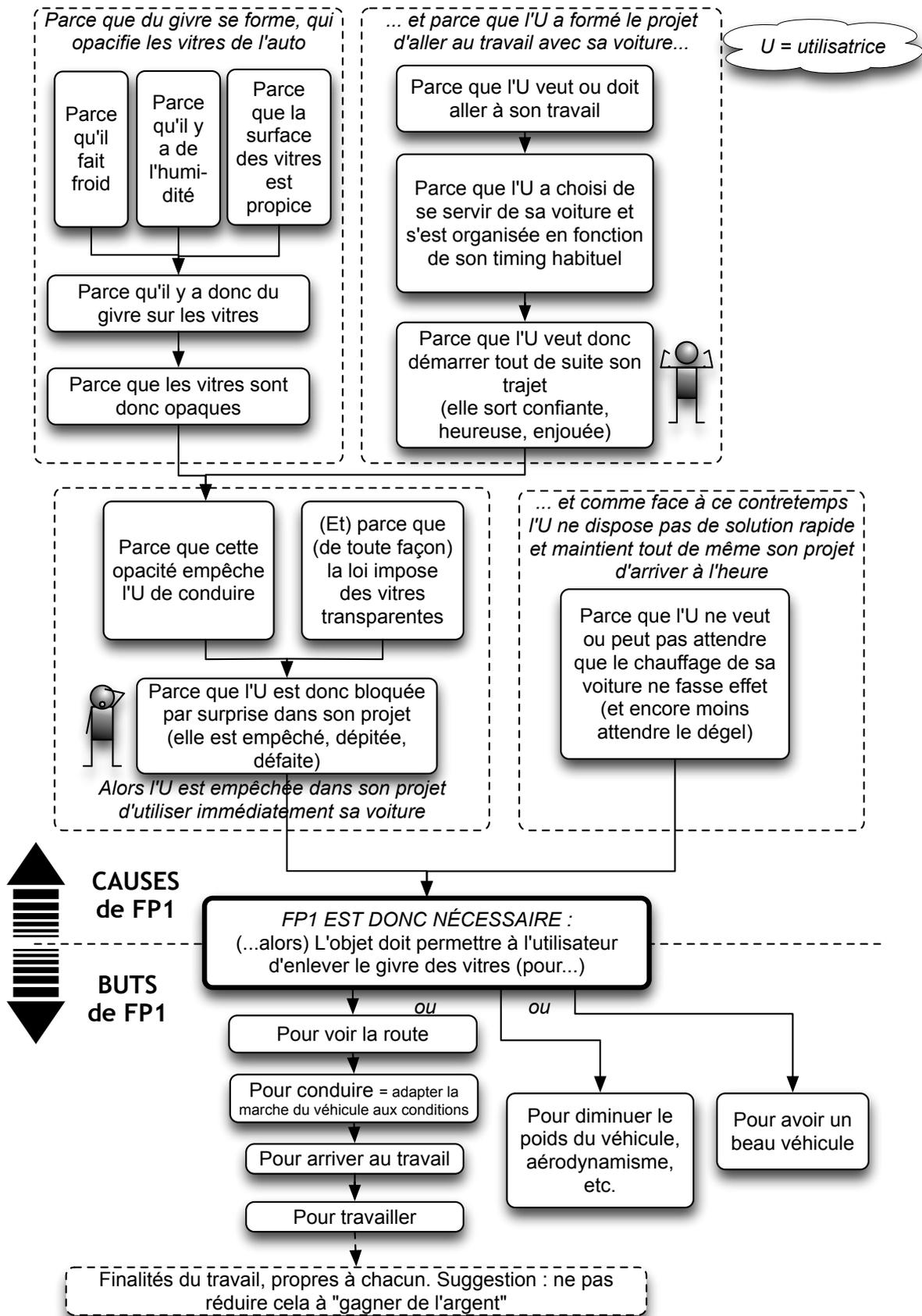


Et on ajoute aussi un bloc de causes « négatives » sur la non-efficacité de son chauffage.

Cette cause sera intéressante pour l'étude de la pérennité de la fonction : si les constructeurs automobiles se mettent à proposer des systèmes plus performants, danger pour le grattoir ! (C'est le cas pour les véhicules thermiques, mais encore plus pour les véhicules électriques, certains sont même pré-chauffables à distance)



Voici (enfin !) une modélisation possible.



INVENTION : recherche systématique de solutions amont et aval**1/ Vérification de la pérennité de la fonction**

De manière générale, l'AC permet tout d'abord de vérifier la pérennité de la fonction. Certains maillons de la chaîne sont-ils en train de disparaître, ou risquent-ils de disparaître ? Par exemple :

- Si l'utilisateur avait la capacité de voir à travers les vitres givrées, tout s'effondrerait... ou presque : car tant que la loi impose de toute façon d'avoir les vitres dégagées, il faudra les dégivrer.
- Si les constructeurs avaient l'exigence que le système de chauffage-désembuage des vitres soit plus performant (ex : tout dégivrer en moins de deux minutes), alors il y aurait du souci à se faire quant à l'avenir du métier du fabricant de grattoirs.
- Du côté des buts, on peut aussi craindre qu'en cas de généralisation d'une nouvelle organisation du travail (horaires plus souples, travail à distance), notre produit disparaisse ou que ses ventes diminuent fortement.

On le voit, cette première exploration de l'AC avec le regard « pérennité » revient à faire une analyse des risques de disparition de la *nécessité* dont relève notre produit.

2/ Recherche exhaustive d'alternatives

L'ACF permet ensuite et surtout de procéder à une revue exhaustive des pistes de création de valeur. Le produit étudié assure une fonction principale, dont l'ACF révèle la nécessité. Parce que tout un ensemble de [causes] s'oppose à l'atteinte d'un [objectif], alors il est nécessaire d'apporter un service à l'utilisateur, défini par la [fonction principale].

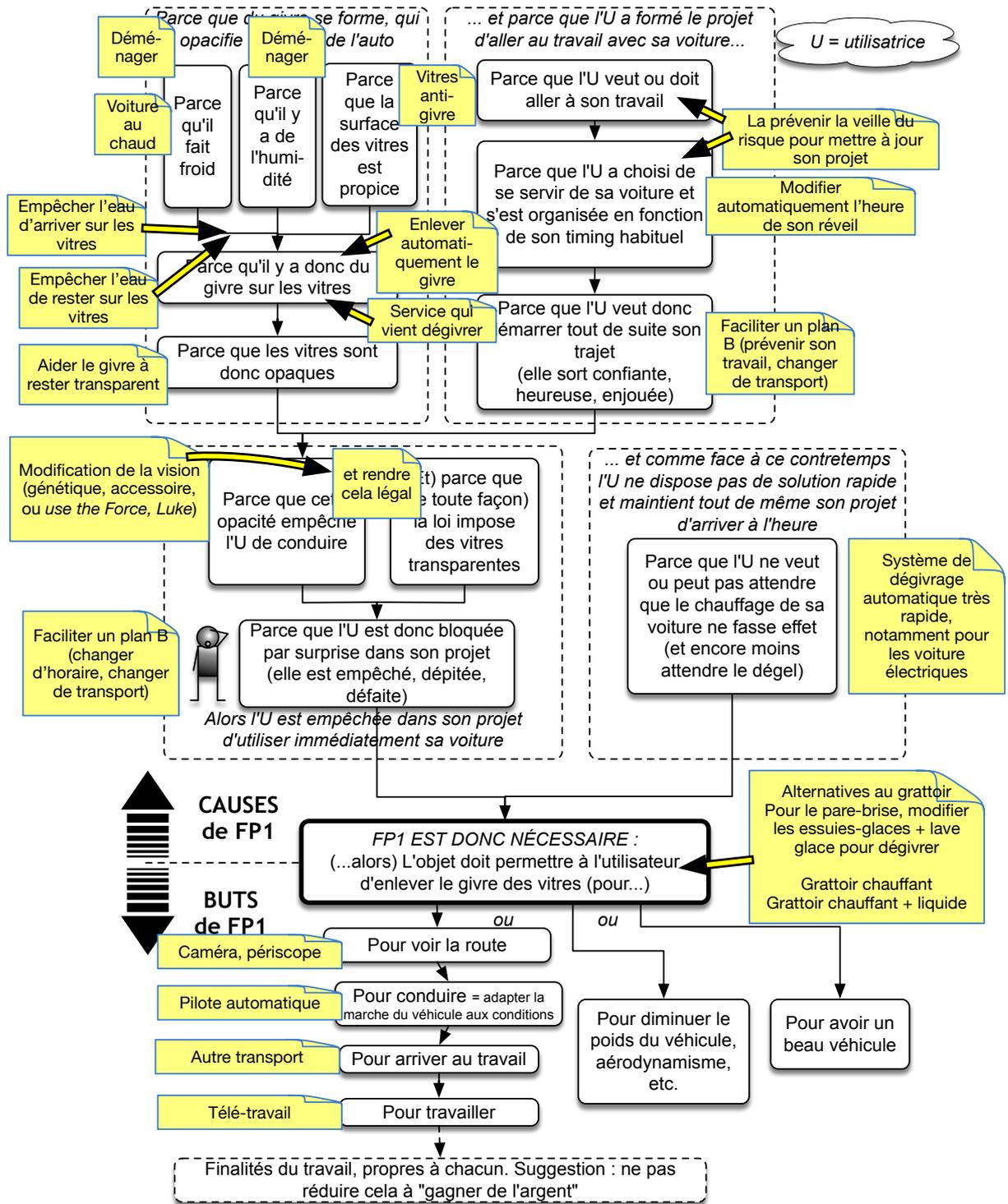
Il y a trois grands moyens d'innover :

1. En amont de la FP, pour faire disparaître les causes qui rendent la FP nécessaire. C'est une sorte d'approche « préventive » : on empêche que la fonction devienne nécessaire, on en sape la nécessité ;
2. En aval de la FP, pour trouver d'autres moyens d'atteindre l'objectif sans passer par la FP. C'est une approche « curative » : on laisse les causes se produire et la fonction devenir nécessaire, mais on y répond sur une version plus abstraite, en répondant aux « vraies nécessités (ex : la vraie nécessité n'est pas d'enlever le givre mais de voir la route, etc.) ;
3. En gardant la même FP, c'est-à-dire en trouvant d'autres moyens techniques d'obtenir le résultat de FP (ex : amélioration du grattoir, ou autre façon d'enlever le givre).

L'AC est surtout faite pour les deux premiers types d'innovation (amont ou aval), car elle n'a pas pour rôle d'explorer la fonction elle-même, donc n'apporte pas grand-chose directement pour repenser la fonction elle-même. Cependant, il arrive que des idées au niveau de la FP viennent à l'esprit lors de cette façon particulière de prendre du recul sur la situation.

Sur le grattoir à givre, ce qui est intéressant, c'est qu'il y a des alternatives pour pratiquement tous les maillons. Voir page suivante.

Détail : notez qu'on peut chercher des alternatives sur une cause (un rectangle) ou sur la rencontre des causes (ex : empêcher l'humidité de rencontrer la vitre).



Amont : bloc « *Parce que du givre se forme, qui opacifie les vitres de l'auto* » : empêcher la glace de se former ou de rester.

- Supprimer le froid
 - o Déménager
 - o Chauffer autour de la voiture
- Empêcher le froid de rencontrer les vitres
 - o Mettre la voiture à l'abri, au chaud
 - o Chauffer les vitres, par exemple en y dédiant une petite partie de la batterie au moment utile
- Supprimer l'humidité
 - o Déménager
 - o Modifier l'humidité du quartier
- Empêcher l'humidité de rencontrer les vitres
 - o Protection qui vient intercepter l'eau (bâche, capot, etc.)
 - o Soufflerie ?
- Empêcher l'eau de rester sur la vitre
 - o Vitre ultra-hydrophobe (et restant propre, car les poussières, elles, ne le seront pas)
 - o Utilisation des essuie-glaces avant et arrière qui, grâce aux détecteurs de pluie, et sans épuiser la batterie, essuient l'eau avant qu'elle ne gèle
 - o Soufflerie ?
 - o Vibration ?
- Laisser le froid et l'humidité exister, mais empêcher le givre de se former sur les vitres. Après tout, ce sont surtout les vitres qui givrent (ex : les pneus et la carrosserie, très peu). Développer une vitre non-propice ?
- Retirer le givre « automatiquement » (du point de vue de l'utilisatrice, qui ne le verra pas)
 - o Essuie-glaces qui se transforment en racloir, éventuellement chauffant et/ou avec liquide lave-glace. Les pare-brise avant et la lunette arrière peuvent ainsi être traités soit régulièrement durant la nuit, soit juste avant l'heure du départ. Ceci pose la question d'une information disponible quant aux horaires.
 - o Même chose avec préchauffage des vitres, voire de la voiture entière
 - o Même chose avec mise en œuvre d'un produit chimique dégivrant
 - o Service : abonnement à un service qui vient dégivrer la voiture au bon moment
- Laisser le givre, mais le rendre transparent

Amont : bloc « *... et parce que l'U a formé le projet d'aller au travail avec sa voiture...* » : modifier le projet de l'utilisatrice

- Service (ex : du constructeur automobile, de Météo-France, de l'application informatique liée à son agenda) qui la prévient la veille de l'arrivée probable du givre, afin de changer la nature ou le contenu du projet : ne pas se rendre au travail, changer de transport, changer de timing
- Service (mêmes acteurs) qui avance automatiquement l'heure de son réveil, en lui disant pourquoi, par exemple si sa voiture est effectivement givrée
- Service (mêmes acteurs) qui lui organise un plan B en termes de transport

Amont : bloc « *Alors l'U est empêchée dans son projet d'utiliser immédiatement sa voiture* »

Ici, il s'agit de s'attaquer au « bouchon » lui-même, en remettant en cause le fait que la réunion des deux blocs précédents fasse obstacle.

- Permettre à l'utilisatrice de voir à travers le givre
 - o Modification génétique
 - o Accessoire optique, lunettes trans-givre
 - o Formation à utiliser « la Force (Luke) »
 - o Tout ceci nécessitant de faire accepter cela par le législateur
- Organiser un plan B sur les horaires et le transport

Amont : bloc « *... et comme face à ce contretemps l'U ne dispose pas de solution rapide et maintient tout de même son projet d'arriver à l'heure* »

C'est un bloc un peu particulier.

- Système de dégivrage automatique très rapide. Les constructeurs ont déjà amélioré cet aspect, et ont des protocoles pour vérifier un bon fonctionnement du véhicule en situations extrêmes. L'arrivée de véhicules électriques et hybrides, l'amélioration des systèmes de chauffage, permettent de disposer immédiatement d'une grande puissance de chauffage bien dirigée. Encore un danger pour le fabricant du grattoir.
- Autre système de dégivrage rapide possible : déversement sur les vitres d'un produit chimique dégivrant, ou encore effet mécanique qui décolle le givre et le fait tomber (vibration, contraction-dilatation)

Aval : atteinte des finalités

Là, on change d'approche. La voiture est givrée, mais on cherche à atteindre les « vraies » finalités sans passer par la case « enlever le givre ». Le givre est là, mais on s'en fiche, parce que...

On pose les questions ainsi :

- ➔ Comment satisfaire la « finalité n » sans avoir à satisfaire la « finalité n-1 »
- Comment « voir la route » sans « enlever le givre »
 - o Caméra
 - o Périscope
 - o Passer la tête à travers la vitre baissée (pour les picards endurecis)
- Comment « piloter » sans « voir la route »
 - o Pilote automatique
 - o Au feeling (pour les *Jedis* ou les picards intuitifs)
- Comment « arriver au travail » sans « piloter » sa voiture
 - o Cycle avec ou sans moteur
 - o Transport en commun
 - o Covoiturage avec quelqu'un qui a un garage ou se lève plus tôt
 - o Taxi
- Comment « travailler » sans « arriver au travail »
 - o Télétravail