

**Note du traducteur : ceci est une traduction en français libre et ouverte du FFF #260 effectuée par SNova.**

## Friday Facts #260 - Nouveau Système de fluides

Publié par **Dominik** le 2018-09-14, tous les [posts](#)

Salut Factoriens,

C'est **Dominik** et c'est mon premier post FFF! Je vais saisir cette occasion pour vous parler du sujet passionnant des tuyaux. Oui, je sais, n'est-ce pas ?

Le printemps est venu et avec lui **Twinsen**, en disant : "Les tuyaux sont mauvais, deux personnes ont déjà essayé de le réparer et ont échoué, qui veut être le prochain ?", Et je me dis « ça doit être une simple simulation, ça c'est pour moi ».

Les conditions étaient même assez douces :

- Les fluides arrivent où ils devraient.
- Ils doivent agir de manière prévisible, avec des divisions / jonctions raisonnables.
- Les fluides peuvent voyager instantanément, si nécessaire.
- Respectez les limites de débit du tuyau.
- Le flux peut être visualisé sur les tuyaux.
- Ne pas faire des choses comme courir en rond indéfiniment, aller-retour, etc.
- Devrait être plus rapide / plus efficace UPS.

Je travaille principalement sur les nouvelles interfaces graphiques, mais le fait que l'été soit fini et que les tuyaux ne soient pas terminés montre la simplicité de leur réparation. Très naïf j'étais.

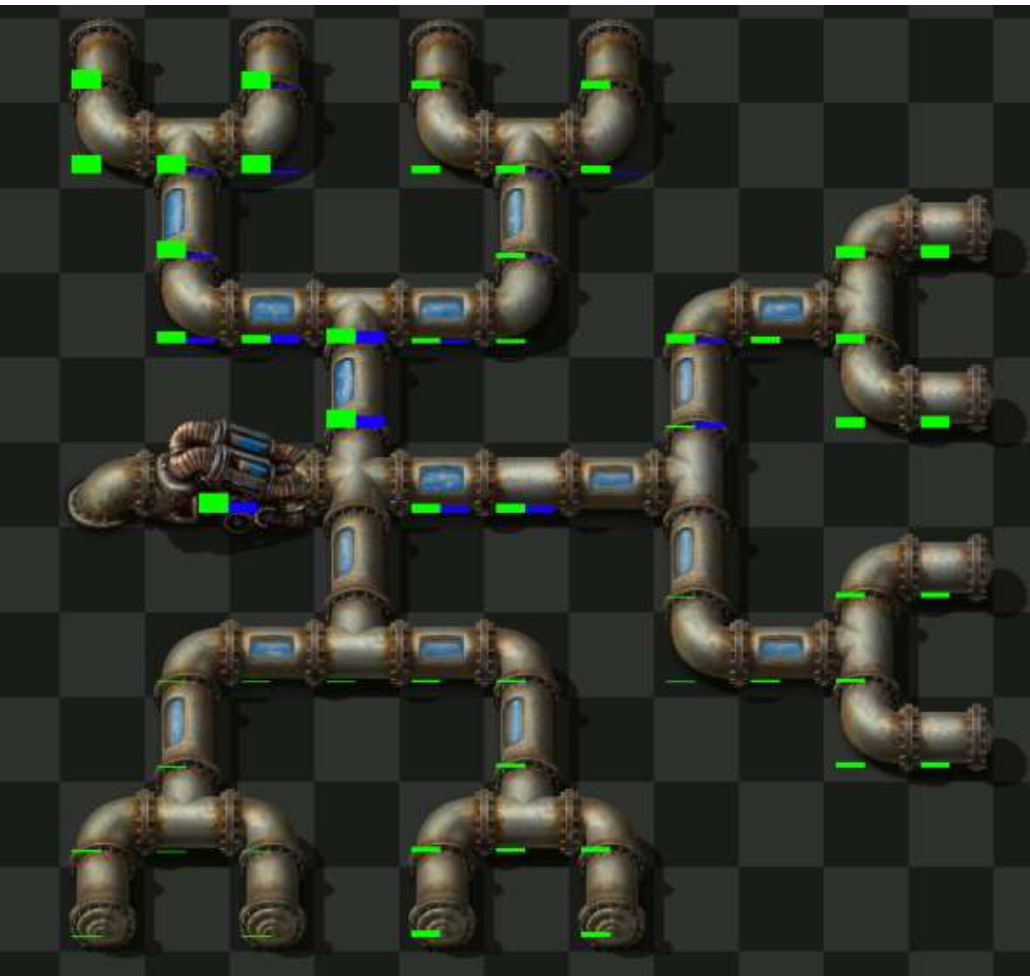
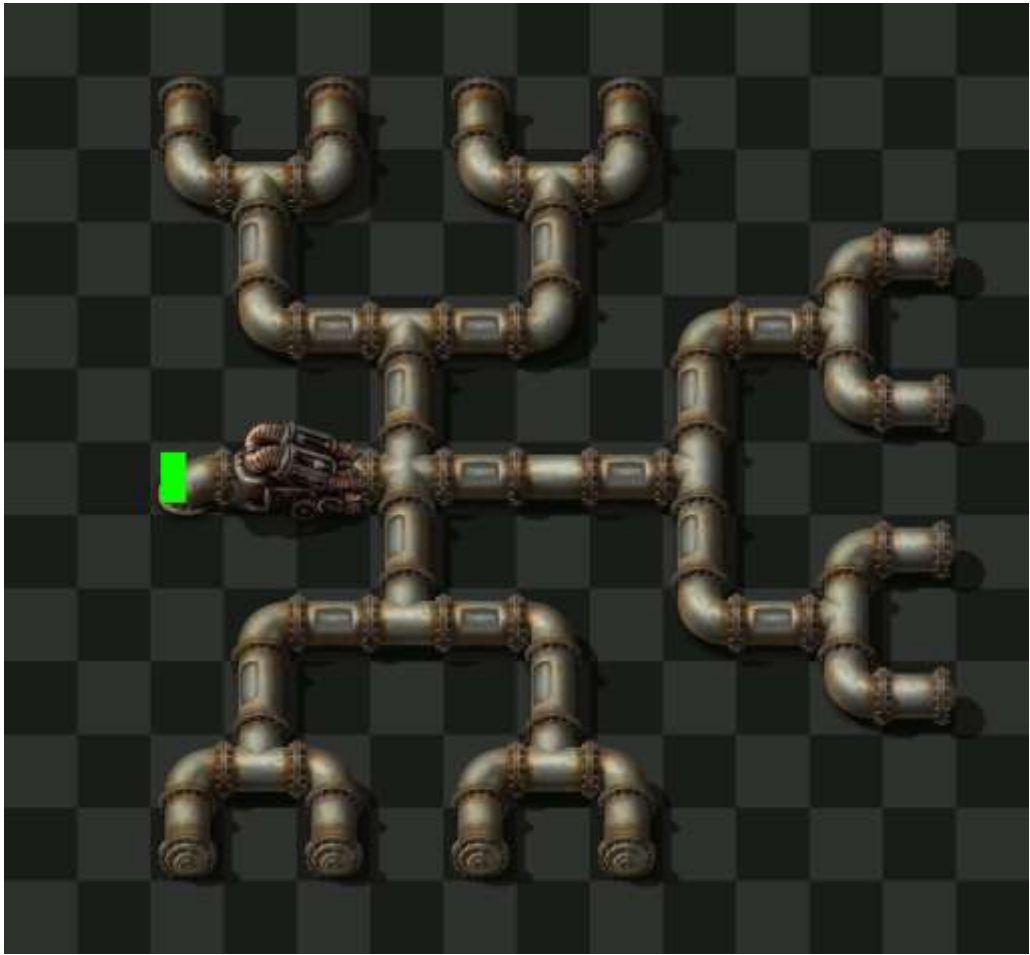
### Problèmes avec le système actuel

Il y a des accidents de conception dans le système de canalisations actuel. La bonne chose est qu'ils fonctionnent - les fluides vont de A à B, dans la plupart des cas de toute façon. Il suit un modèle d'élévation simple, les caisses à fluide vont essayer d'égaliser avec leurs voisins, ce qui est assez rapide pour évaluer et résoudre des cas simples, mais il ne résout pas grand-chose en dehors du passage à travers un tuyau droit.



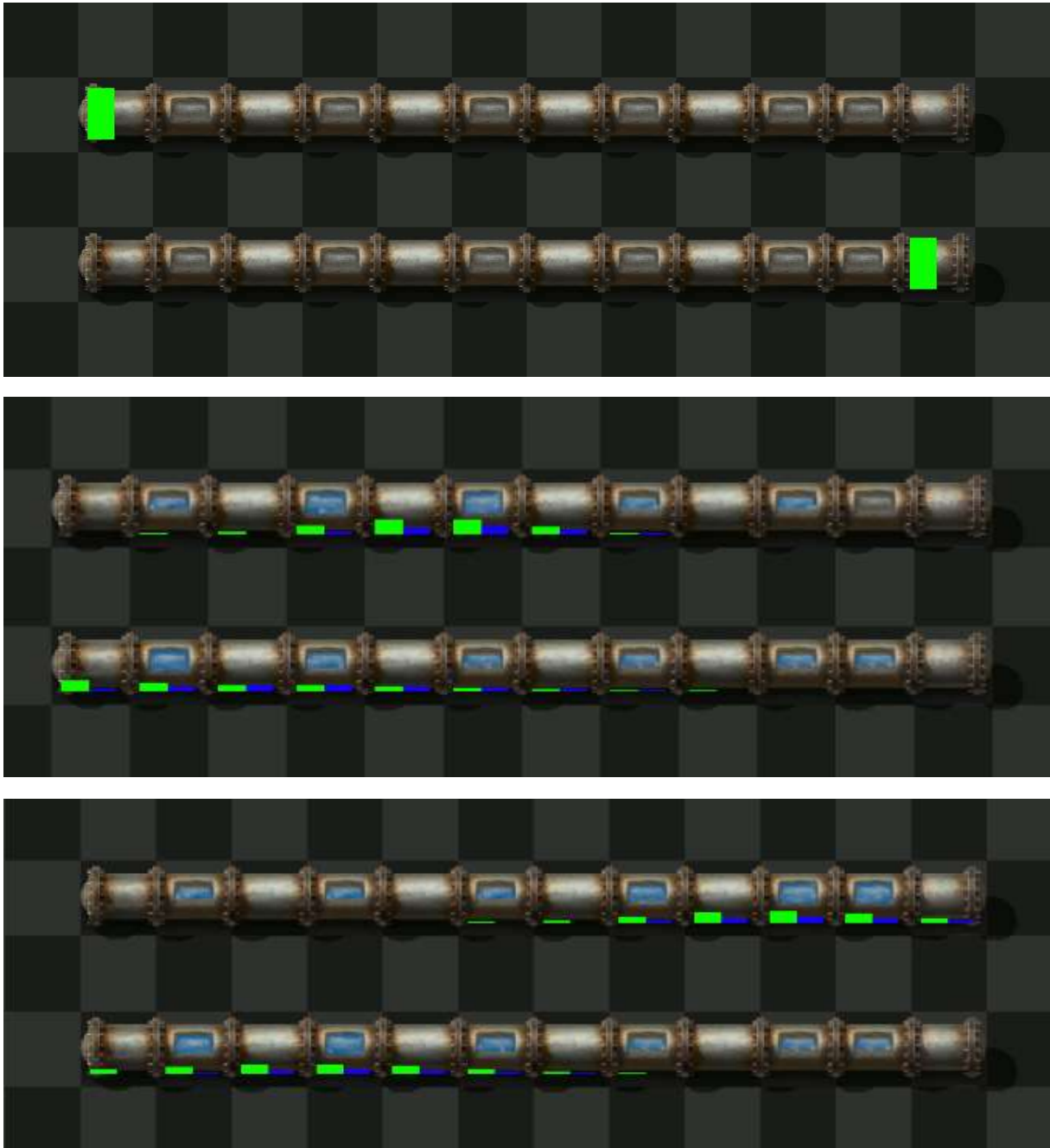
*En vert le volume, en bleu le flux*

Le premier des trois principaux problèmes est que dans les jonctions, il y a un comportement très aléatoire. Par conséquent, vous pourriez avoir des destinataires qui ne reçoivent pas fluide là où ils devraient être.



Le deuxième problème auquel les joueurs font face est le comportement limité des fonctions d'élévation. Seule une fraction du fluide est déplacée vers son voisin, vous avez donc rarement un réservoir complètement rempli ou complètement vide, ce qui pose problème lorsque vous essayez de le mélanger avec le réseau de circuits à nombre entier.

Le troisième problème est la performance. Même si les formules sont simples, elles sont calculées pour chaque connexion dans chaque boîte à fluide, ce qui donne comme résultat que l'énergie nucléaire est impraticable pour les mégabases. Il existe également d'autres problèmes, tels que la perte de débit sur la distance, le mouvement plus ou moins rapide des fluides en fonction de l'ordre de mise à jour de l'entité, etc.



(Le fluide s'écoule beaucoup plus rapidement dans le tuyau inférieur)

## Mon simulateur

Le jeu n'est pas du tout pratique pour tester et déboguer les tuyaux. J'ai donc conçu un simple simulateur de tuyau en ligne de commande pour développer le nouveau système. Comme j'attaquais ce que je pensais être un problème simple, j'ai commencé à le redémarrer plusieurs fois à chaque fois que j'ai réalisé que le problème était plus difficile à gérer que mon simulateur ne pouvait maintenir. Je vais décrire brièvement comment cela fonctionne, avant d'aller au modèle lui-même.

Les dispositions de conduite sont chargées à partir d'un fichier texte tel que "5 1 \ n s p d 0", soit 2 dimensions du système, suivi d'une disposition 2d, dans ce cas, une seule ligne source-pipe-pipe-drain-empty. Le simulateur charge la mise en page, connecte les tuyaux puis met à jour le système tick par tick en vérifiant à la demande. J'ai un aperçu très approximatif, comme indiqué ci-dessous, mais la plupart du temps, je dois inspecter le code de fonctionnement pour voir ce qui se passe sous le capot.

```
Step 5
volume
s» 5» 5» 2» 2» 1 ..      speed
v      v      v      8 8 8 8 8 8 ..
5 .. 2 .. .. 0 ..      8 .. 8 .. .. 0 ..
v      v      |      8 8 8 0 0 0 ..
5 .. 2 .. .. 0 ..      8 .. .. 0 .. 0 ..
v      v      |      8 0 0 0 0 0 0
5» 2» 2» 0- 0- 0 ..
v      |      |      Current / max
2 .. .. 0 .. 0 ..      Production: 8/8
v      |      |      Consumption: 0/10
1» 0- 0- 0- 0- 0- d      Consumption: 0
```

Aussi, maintenant avec le nouvel éditeur de carte et la possibilité de parcourir les ticks un à un, il sera beaucoup plus facile de tester le jeu dans le jeu.

## Solutions possibles

Avant de passer au modèle actuel basé sur la simulation, je discuterai d'autres approches que nous avons rejetées.

### Optimisation du système actuel

C'est ce que **Harkonnen** (Ndt : le nom d'un développeur tiré du nom d'une maison de Dune (livre, film, série et jeu)) a essayé il y a longtemps de réduire l'indirection dans la mise à jour des boîtes à fluide. Essentiellement, au lieu que chaque entité mette à jour sa propre boîte à fluide, toutes les boîtes à fluide d'un segment seraient conservées dans une partie singulière de la mémoire, puis la simulation pourrait être mise à jour beaucoup plus rapidement. Les premières expériences ont montré une augmentation de 30 à 50% des performances lors de la mise à jour de toutes les boîtes à fluide. Cependant, cela ne résoudrait aucun des autres problèmes et ajouterait une complexité considérable à la manipulation actuellement très simple des boîtes à fluide, ce qui, à notre avis, ne vaut pas le prix.

## Modèle d'écoulement

Comme nous avons des flux à gérer, les algorithmes de flux ressemblent à un candidat. La méthode la plus naïve de [Ford-Fulkerson](#), bien que théoriquement infinie, pourrait

fonctionner très rapidement dans notre cas. Le problème est qu'il ne trouve que le débit maximum - la limite supérieure de ce que nous pouvons faire passer. Nous pourrions alors diviser ce débit maximum entre les consommateurs et obtenir des résultats concrets. Mais le comportement en cours serait ridicule avec un flux complet à travers un tuyau et 0 à l'autre, 0 à impasse, etc. En d'autres termes, le comportement de la jonction serait entièrement rompu. Il existe de meilleurs algorithmes de flux équilibrés, mais ceux-ci ne font pas exactement ce dont nous avons besoin et la complexité passe rapidement aux domaines astronomiques.

## **Modèle de réseau électrique**

Une autre proposition était la modélisation comme un réseau électrique. L'écoulement des fluides est une analogie populaire à leur fonctionnement et ils ont beaucoup en commun. La grande chose à leur sujet, c'est qu'ils modélisent avec précision le branchement des flux et que cela pourrait fonctionner à partir de la boîte. Ce que cela ne permet pas, c'est de limiter le flux - un seul fil peut théoriquement faire tourner n'importe quel courant, mais ce n'est pas le cas pour les tuyaux, et nous ne voulons pas qu'un seul tuyau suffise à alimenter l'ensemble de l'usine. Les limitations pourraient être ajoutées, mais cela le tuerait encore avec la complexité.

Une version simplifiée de ceci est ce que nous considérons comme « l'option nucléaire ». En résumé, le réseau de fluides et les canalisations fonctionneraient comme le réseau électrique actuel, transmission instantanée de la production à la consommation. Cela augmenterait les performances par ordre de grandeur et éliminerait le flux non intuitif du système actuel, tous les consommateurs recevraient une répartition égale de la production, et les réservoirs de stockage agiraient comme des accumulateurs.

Cependant, nous avons décidé de ne pas poursuivre dans cette voie pour quelques raisons.

- Il n'y aurait aucune visualisation ou indication du flux de fluide.
- Il y aurait un débit illimité, une conduite d'eau pourrait alimenter toutes les installations de chaudières et de réacteurs.
- Cela enlève une partie du réalisme et du charme du jeu. (Bien que ce soit subjectif au mieux, cela signifie quelque chose pour nous.)

## **Fusion de boîtes à fluide**

Cela signifierait de fusionner tous les canaux similaires dans un segment en une seule boîte de fluide nécessitant une mise à jour. Cela résoudrait les problèmes de performances et la perte de débit sur de longues distances, mais en soi, cela ne résoudrait pas les problèmes liés à l'ordre de mise à jour, à la direction / division de flux involontaire, etc.

## **La physique**

En ce qui concerne le modèle physique de base, j'ai abouti à quelque chose qui n'est pas du tout réaliste, mais qui fonctionne bien dans la pratique. Au début, j'ai essayé de faire de la physique presque réaliste - comme preuve de concept, avec des impulsions et tout ça. Mais rapidement, je suis devenu encombré de formules compliquées et cela n'a pas fonctionné du tout. Le système est tellement discret que la physique n'est pas vraiment applicable.

Dans Factorio, le contenu d'un tube se déplace en une seule fois dans le tube suivant et, au lieu de mélanger des molécules individuelles dans une jonction en temps réel (pas infiniment petit), nous devons mélanger / diviser des blocs énormes. C'est plus comme déplacer des blocs Lego que des fluides courants. Pendant longtemps, je jouais avec la pression, mais je ne pensais même pas à deux variables : le volume et la vitesse, où la vitesse modélise également la pression. Le volume est la quantité de liquide dans le segment, la vitesse affecte la quantité de fluide qui doit se déplacer dans un tick - en tant que vitesse x volume. Ceci est suffisant pour fournir une simulation assez décente.

## Modèle de jonction

La plupart des difficultés proviennent de la modélisation des jonctions. Le problème général est que lorsque quelque chose ne se comporte pas entièrement correctement, il existe une situation dans laquelle il se produit une panne totale, telle que l'absence de flux dans certains tuyaux.

Il y a des forces en collision en jeu. Nous ne pouvons évaluer qu'un seul raccord de tuyau (une entrée / sortie) à la fois, mais le comportement doit être symétrique et équitable vis-à-vis des conduites devant être évaluées ultérieurement (ce n'est pas le cas actuellement). Quel est le bon ordre d'évaluation et comment le rendre symétrique sans un regard super complexe ?

Eh bien, une autre considération importante est l'exactitude et la complexité.

Sur de nombreuses itérations, j'ai continué à développer des modèles, suivis par des contre-exemples qui les ont tués.

## Mon modèle et mes améliorations

Le modèle d'évaluation, auquel je suis arrivé, travaille avec 2 passes à travers les tuyaux en un seul tick. Les formules sont plus complexes que l'actuelle, donc elles devraient être plus lentes, mais il y aura une amélioration pour la compenser. L'algorithme approximatif en une seule coche est comme suit (j'omets beaucoup de détails nécessaires mais ennuyeux) :

1. (Fait à la fin de l'étape précédente) Chaque tube indique la quantité de fluide qu'il compte envoyer aux voisins (appelée réservation de flux) en utilisant une heuristique simple.
2. Effectuer un tri topologique par direction des réservations à partir de 0.
3. Évaluer les tuyaux dans la direction opposée, c'est-à-dire de bout en bout, en fonction du débit attendu.
4. Mettre à jour un tuyau en deux étapes :
  - a. Déplacez le fluide vers les voisins proportionnellement à l'espace dans celui-ci, l'allocation de l'espace qu'ils ont donnée au tuyau actuel (à condition qu'ils aient déjà été évalués) et le flux du tick précédent.
  - b. Allouez l'espace libre résultant aux voisins qui doivent encore être évalués pour s'assurer qu'ils en reçoivent une part équitable.
5. Passez à nouveau dans les tuyaux et effectuez le nettoyage et calculez les réservations pour la prochaine coche.

Donc, dans cet algorithme, nous allons du dernier tuyau, toujours en déplaçant le fluide et libérant de l'espace pour le suivant. Le système de réservations / attributions garantit un bon comportement dans les carrefours. Essentiellement à chaque jonction, le fluide va essayer

de se répartir uniformément entre toutes les connexions possibles, ce qui rend les choses très intuitives.

Cela fonctionne bien, mais malheureusement, ce système est encore plus exigeant en termes de calcul. Voici la clé de l'amélioration qui consiste à prendre chaque tube droit (chaque segment ayant deux connexions max) et à le connecter en une seule pièce. Peu importe le temps, il sera évalué en un seul calcul. Naturellement, cela perd un peu de réalisme, mais il est insignifiant, car ce sont les carrefours qui comptent et ceux qui ne seront pas affectés. Donc, tant que vous ne faites pas de choses folles, comme faire des grilles de tuyaux, et garder vos tuyaux droits, ils n'auront aucun effet sur les UPS.

Plus simplement, les mises à jour ne seront exécutées que sur les jonctions et les segments. À chaque intersection, le fluide sera réparti de manière égale entre les segments et les carrefours voisins, tout excès d'un voisin se répercutera également sur les autres. Un segment n'est qu'une section de tuyau sans division et le fluide est transféré instantanément à travers des segments, mais avec un débit limité.



Ainsi, dans la configuration ci-dessus, nous passerions de la mise à jour de 32 canaux individuels avec l'ancien système, à la mise à jour de 3 jonctions (bleu) et de 8 segments. Comme un segment peut avoir n'importe quelle longueur, nous prévoyons globalement une forte augmentation des performances. Cela pourrait également conduire à de meilleures conceptions moins coûteuses en UPS, en essayant de minimiser le nombre de fractionnements dans votre réseau de canalisations, nous savons que certains joueurs aiment vraiment essayer d'optimiser les différentes mesures.

Une dernière amélioration de commodité est constituée par des mécanismes d'arrondi permettant de remplir ou d'éloigner ces 0,0001 fluides, en drainant les dernières gouttes du système de conduites si les sources sont déconnectées et en les remplissant au maximum si la production est supérieure à la consommation. Un autre point à prendre en compte est la manière de résoudre les problèmes de raccordement accidentel des tuyaux et de salir l'ensemble de votre système pétrolier avec de l'eau.

## État actuel et prochaines étapes

Tout cela est bien et fonctionne déjà, mais toujours dans la phase du simulateur.

Ce que je dois encore faire pour l'obtenir à 0.17:

- Déterminer un bon modèle pour les réservoirs de stockage et comment ils s'intègrent.
- Peut-être le refactoriser les valeurs flottantes en nombres entiers, ce qui le rendrait plus propre, mais rendrait également certains calculs plus compliqués. À déterminer
- Terminer l'algorithme pour dessiner correctement la direction de l'écoulement dans les tuyaux droits connectés (pas si simple).
- Déplacer le tout dans le code du jeu.
- Écrire des tests pour cela (je suis probablement en train de réagir de manière excessive, mais je pense que cela prendra aussi longtemps que tout le travail jusqu'à présent).

Donc, pour résumer, cela fait longtemps que nous pensons à cela et que la performance n'est pas la seule chose que nous avons considérée. Nous espérons que le nouveau système abordera tous les problèmes mentionnés au début.

Comme toujours, dites-nous ce que vous pensez sur notre [forum](#).

En fait, en parlant du forum, vous remarquerez peut-être qu'il a subi des modifications cette semaine. **Sanqui** a mis à jour notre forum de phpBB version 3.0 à 3.2, ce qui représente un saut plus important que prévu. Cela nous apporte plus de fonctionnalités Web modernes, les forums sont désormais utilisables sur les téléphones, renforcent la sécurité et ouvrent la voie à de futures extensions. Certains changements de style sont définitifs, mais si vous avez des problèmes particuliers, dites-le-nous et nous essayerons de satisfaire tout le monde.