Virtuální herní světy
Svět s hráčem a bez něj

Radek Richtr

August 14, 2026

sluha: Veličenstvo, něco se děje!
král Pikola: Něco se děje... To je normální. Jinak by nebyly dějiny.

Outline I

1. Timeless
2. Causal
3. K&L
4. Induced
5. Generovaný svět
   - Gramatiky
6. Evolving world
   - E.I.W
   - Evolving Independent World
7. Open World

Vývoj

Herní světy jako prostředí pro hry se značně (až prudce) vyvíjí.

Hlavními omezeními byly dříve především technické možnosti, ale zřejmou roli hrál i mindset tvůrců, především v definici vztahu *hráč-svět*.

Zmiňme, že jako většina přístupů je i toto dělení z principu nepřesné, existují výjimky a hry vyskytující se na pomezí zde vydělených základních oblastí.

Vývoj

Prehistorie (?)

- Timeless
- Causal

Historie (?)

- Player Induced

Současný stav

- Evolving (Independent) World

Timeless světy

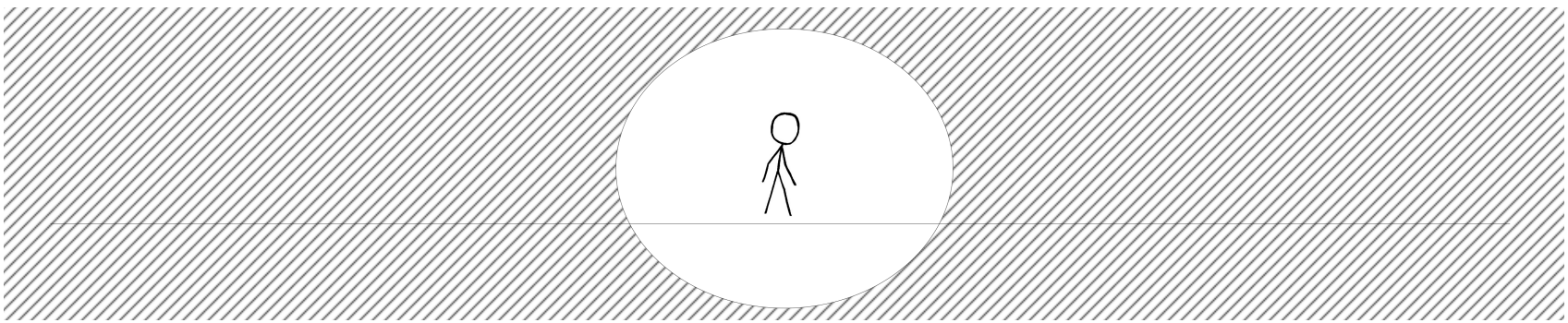
Příklad: Super Mario

- Svět se nemění, bez ohledu na to, co hráč udělá.
- Ovlivňuje jen hráčovo chování (např. skoky, překonání překážek).

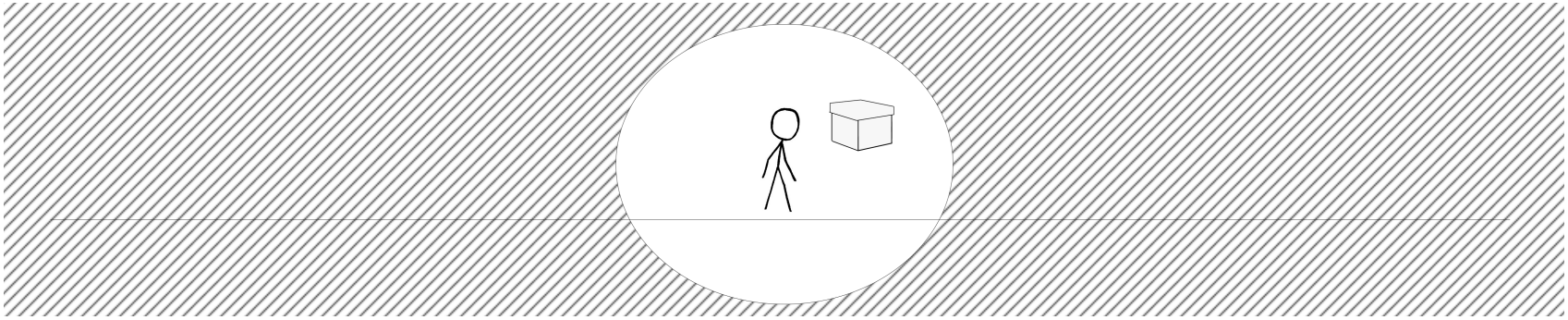
Timeless

Nejjednodušší přístup ke světu je ten, kdy svět v zásadě existuje *jen* v té oblasti, kterou je avatar (potažmo hráč) je schopen vnímat.

- dohled
- obrazovka
- level



Timeless

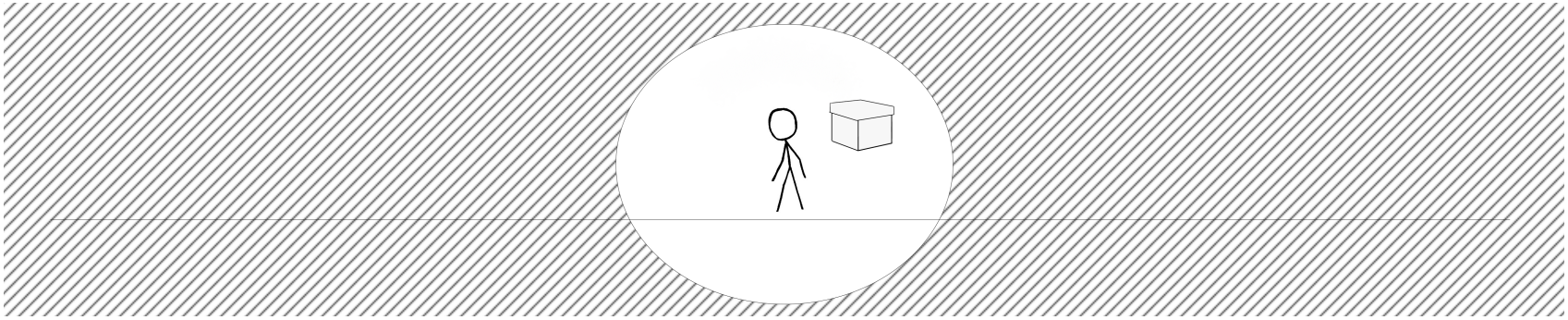


Bezčasý svět

Nezáleží na tom, kdy do které části světa hráč vstoupí, dokonce nezáleží na tom, co v které části hráč provedl (má-li to vůbec povoleno). Svět mimo vnímání avatara (hráče) se vrací do své bezčasé formy, ze kterého jej vytrhne až znovu avatarova přítomnost.

Je toto opravdu minulost? A jak se to projevuje dnes?

Timeless

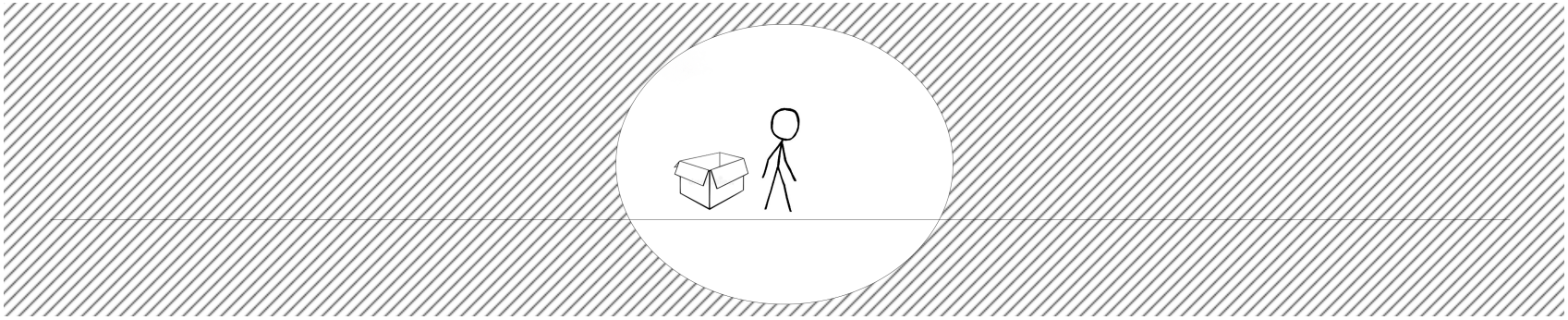


Bezčasý svět

Nezáleží na tom, kdy do které části světa hráč vstoupí, dokonce nezáleží na tom, co v které části hráč provedl (má-li to vůbec povoleno). Svět mimo vnímání avatara (hráče) se vrací do své bezčasé formy, ze kterého jej vytrhne až znovu avatarova přítomnost.

Je toto opravdu minulost? A jak se to projevuje dnes?

Timeless

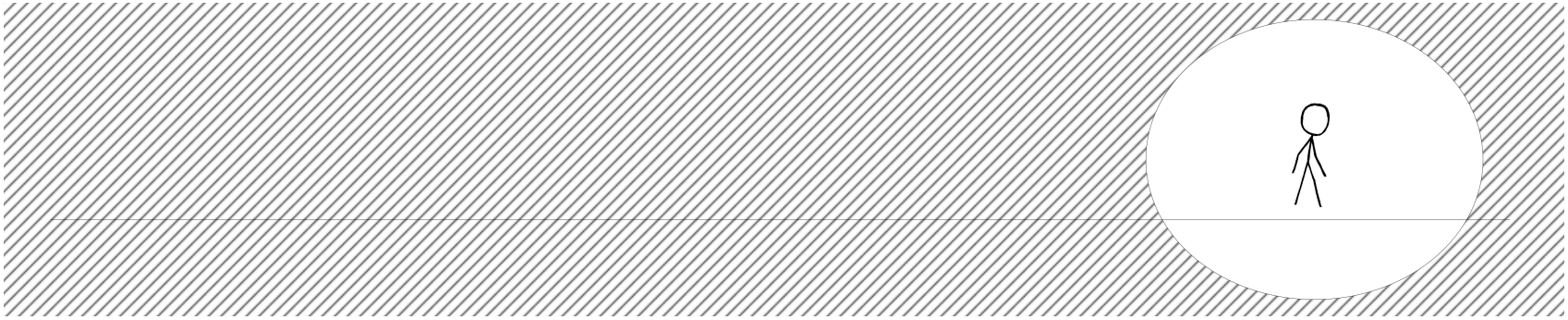


Bezčasý svět

Nezáleží na tom, kdy do které části světa hráč vstoupí, dokonce nezáleží na tom, co v které části hráč provedl (má-li to vůbec povoleno). Svět mimo vnímání avatara (hráče) se vrací do své bezčasé formy, ze kterého jej vytrhne až znovu avatarova přítomnost.

Je toto opravdu minulost? A jak se to projevuje dnes?

Timeless

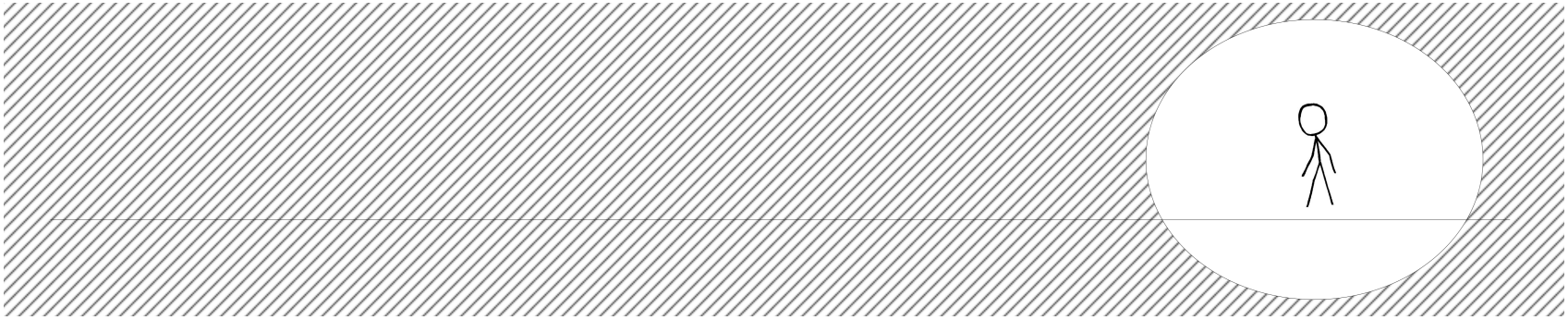


Bezčasý svět

Nezáleží na tom, kdy do které části světa hráč vstoupí, dokonce nezáleží na tom, co v které části hráč provedl (má-li to vůbec povoleno). Svět mimo vnímání avatara (hráče) se vrací do své bezčasé formy, ze kterého jej vytrhne až znovu avatarova přítomnost.

Je toto opravdu minulost? A jak se to projevuje dnes?

Timeless

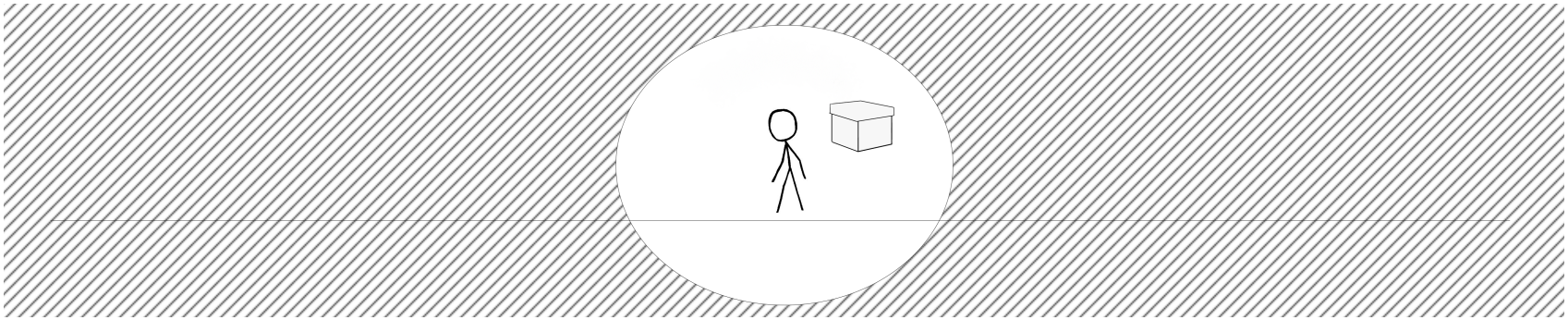


Bezčasý svět

Nezáleží na tom, kdy do které části světa hráč vstoupí, dokonce nezáleží na tom, co v které části hráč provedl (má-li to vůbec povoleno). Svět mimo vnímání avatara (hráče) se vrací do své bezčasé formy, ze kterého jej vytrhne až znovu avatarova přítomnost.

Je toto opravdu minulost? A jak se to projevuje dnes?

Timeless



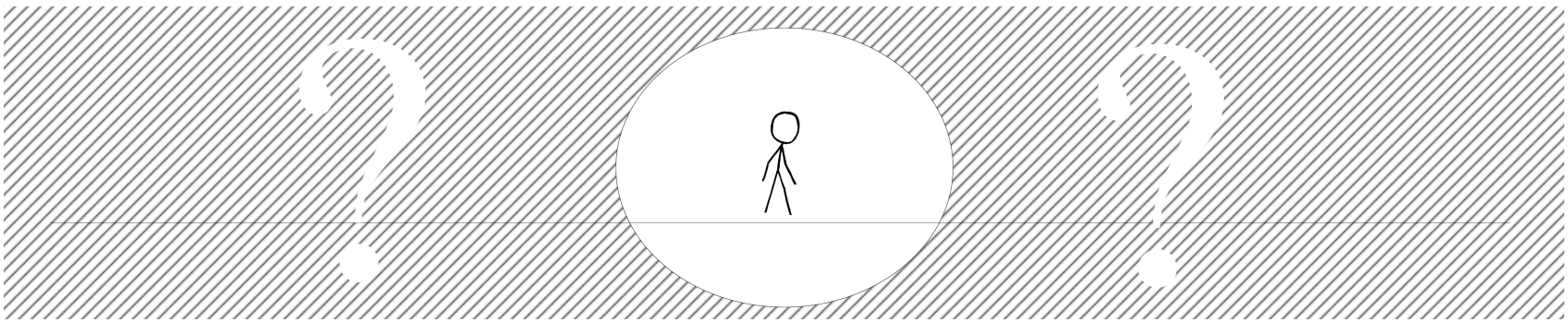
Bezčasý svět

Nezáleží na tom, kdy do které části světa hráč vstoupí, dokonce nezáleží na tom, co v které části hráč provedl (má-li to vůbec povoleno). Svět mimo vnímání avatara (hráče) se vrací do své bezčasé formy, ze kterého jej vytrhne až znovu avatarova přítomnost.

Je toto opravdu minulost? A jak se to projevuje dnes?

Timeless - generovaný

V extrémním případě je definice světa za hranicí vnímání avatara neznámá i samotné hře (není ani nikde v paměti) a nachází se tedy v *neurčitém stavu*.



Timeless - generovaný

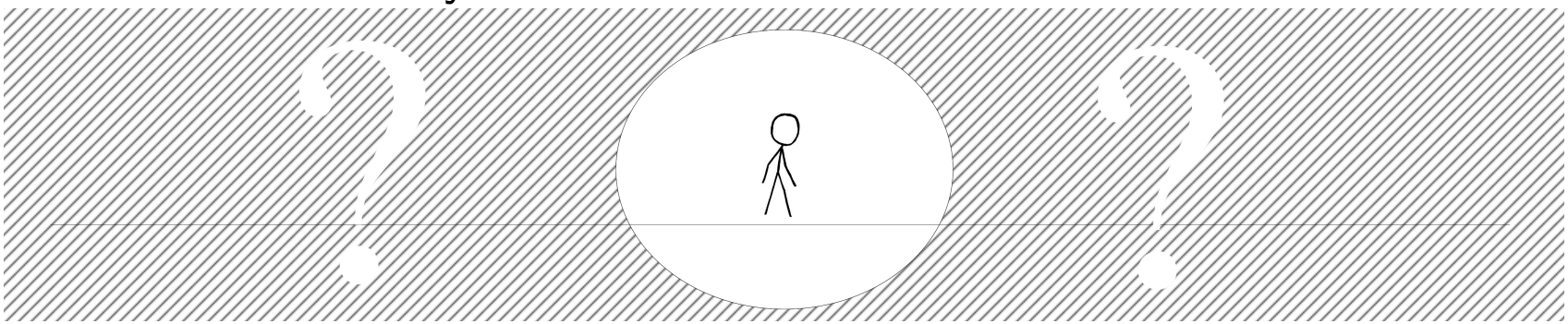
Obdobné jsou hry, kde je prostředí vytvořeno sadou pravidel [DB11] generativní gramatiky. Hra sice zná pravidla, ale je vždy potřeba vygenerovat celý level (jeho část).

Oblasti kterými prochází avatar jsou jen realizace funkcí generujících pseudonáhodné prostředí (vizte třeba DP Hájková) a po opuštění opět zapomenuty.

Neplést gramatiku s gramatikou!

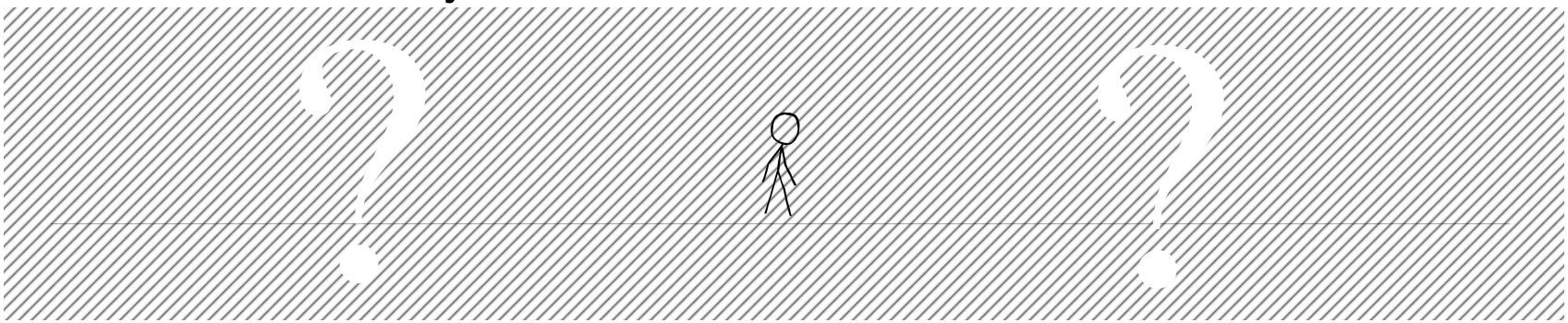
Timeless - generovaný

Nahrání uložené hry:



Timeless - generovaný

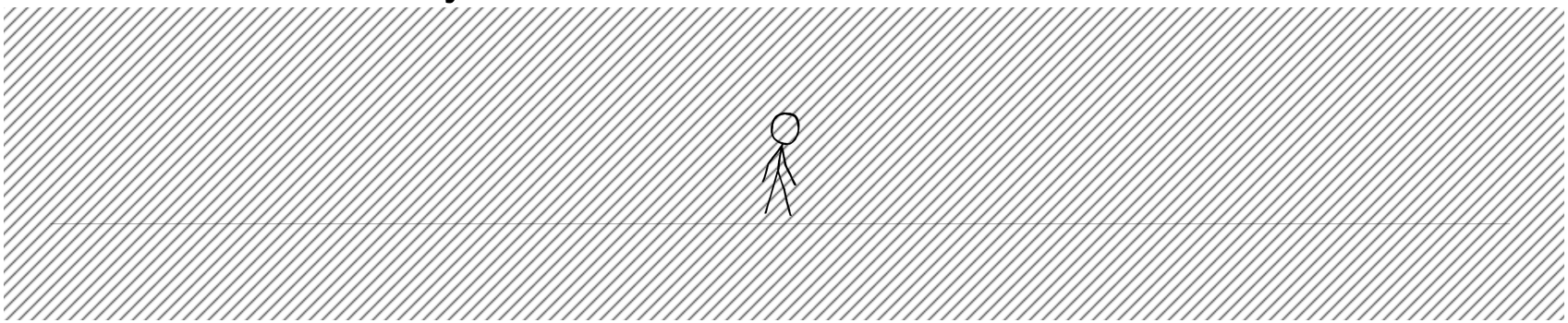
Nahrání uložené hry:



V čem je problém?

Timeless

Nahrání uložené hry:



V čem je problém?

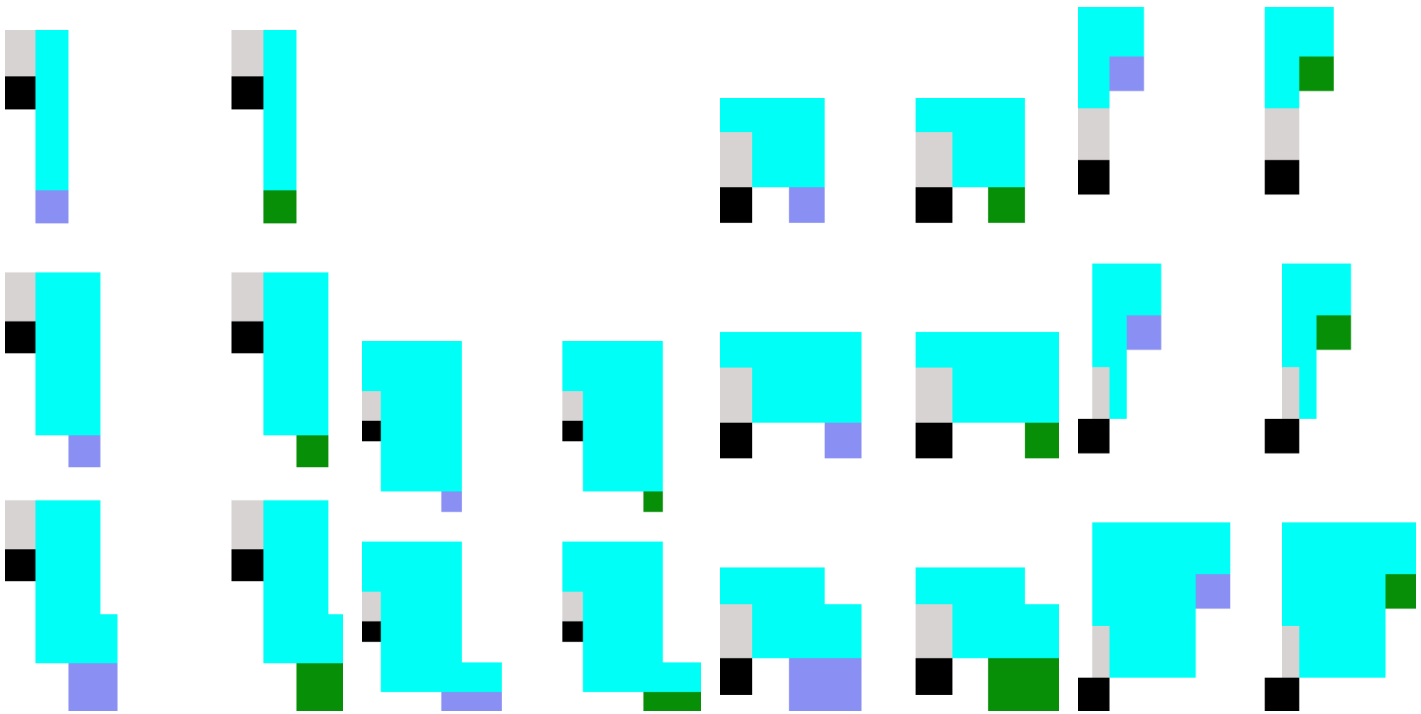
Timeless - generovaný: Příklad



Timeless - generovaný: Příklad



Timeless - generovaný: Příklad



Timeless - generovaný: Příklad

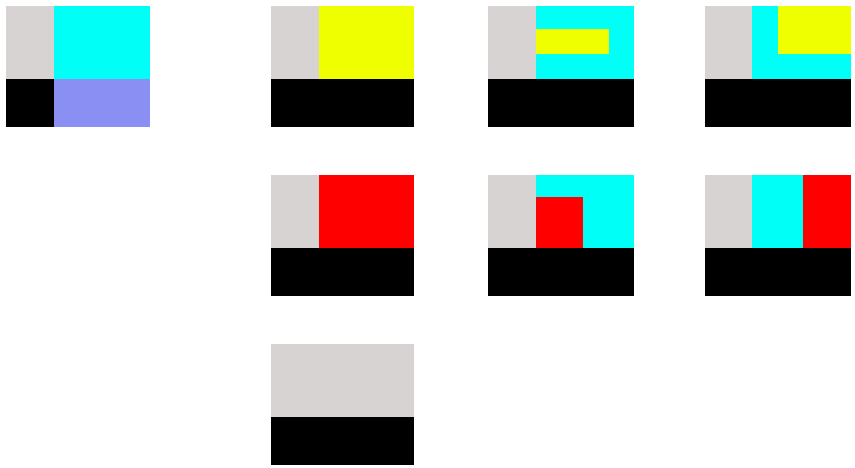


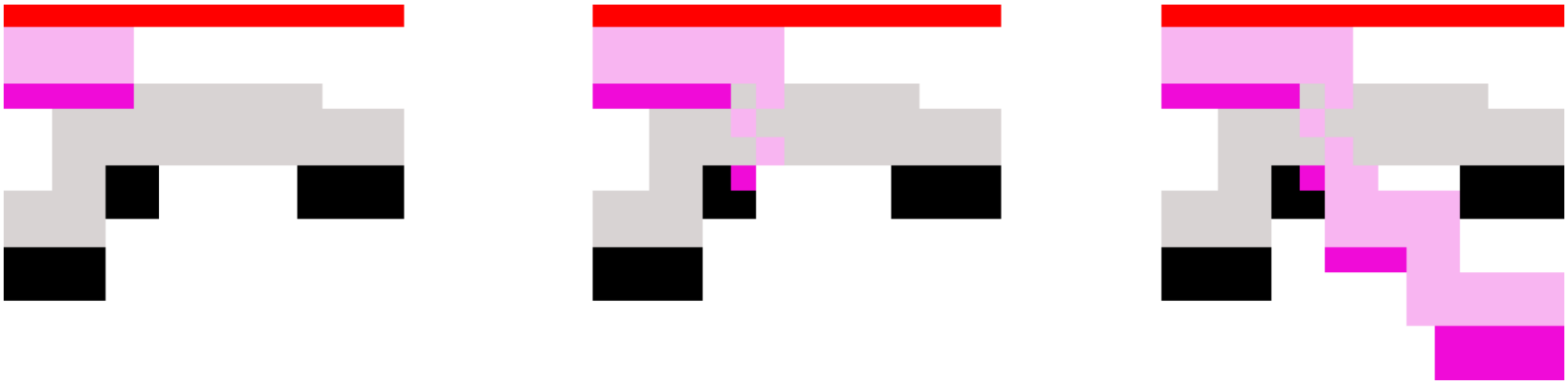
Figure: Grafické znázornění pravidel pro přidání chůze i s dalšími entitami. Vlevo: původní stav s plošinou a prázdným místem. Vpravo: možné další stavy pravidel. První řádek demonstruje přidávání bonusů, druhý řádek monster stojících na platformě, spodní řádek pak rozšíření stávající platformy.

Timeless - generovaný: Příklad

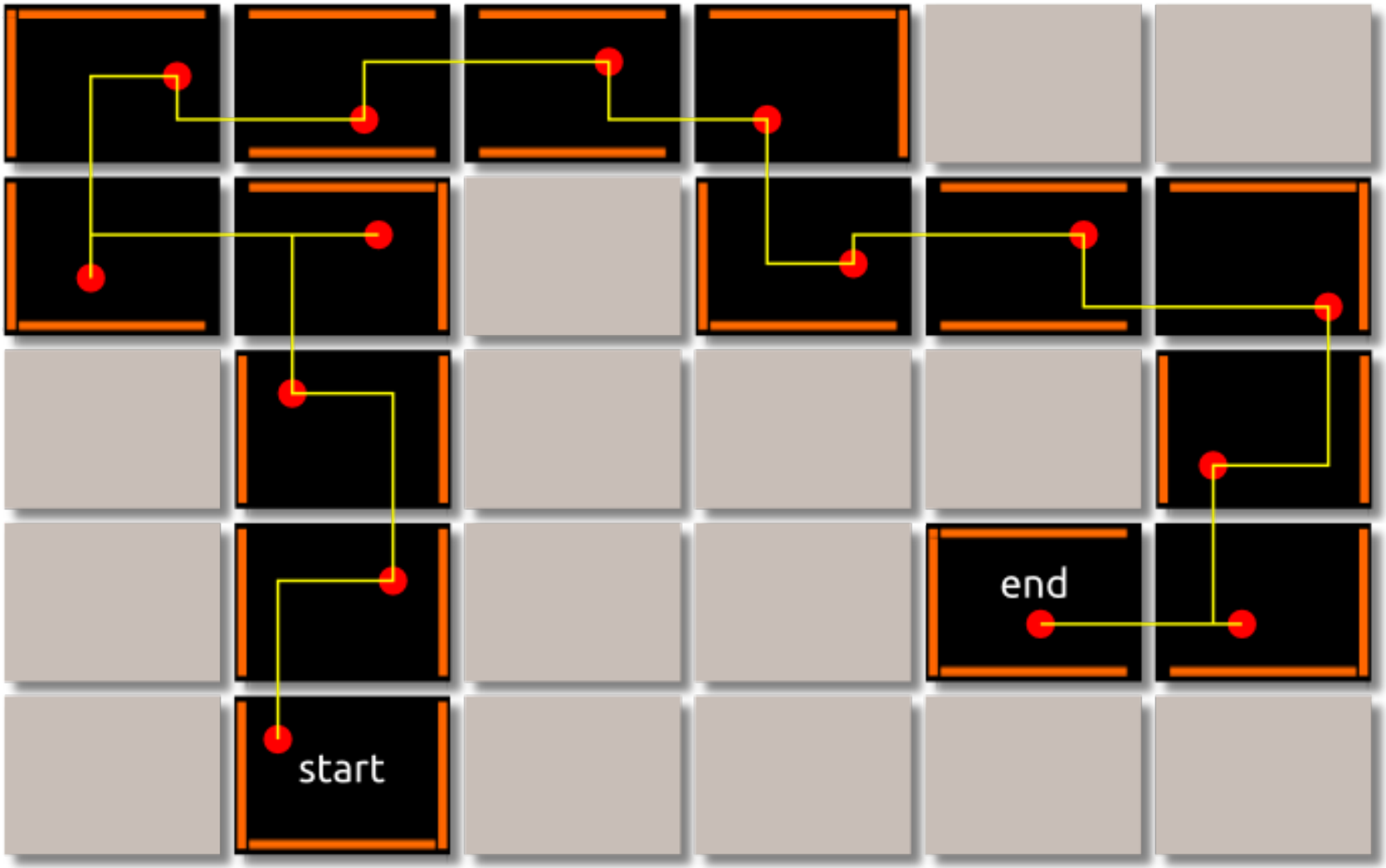
Table: Významy použitých barev

	terminál platformy
	cokoliv (pravidlo tato pole nezajímají)
	bonus
	monstrum
	neterminál nehmotné entity
	terminál průchozí části
	terminál platformy umístěný v aktuálním kroku do mřížky
	ilustrace neprůchozí části aktuální cesty
	ilustrace pevných entit (platforem) aktuální cesty
	prolnutí průchozích částí aktuální cesty (růžová) a již existující cesty (šedá)
	aktuální požadavek přidání platformy
	teleport

Timeless - generovaný

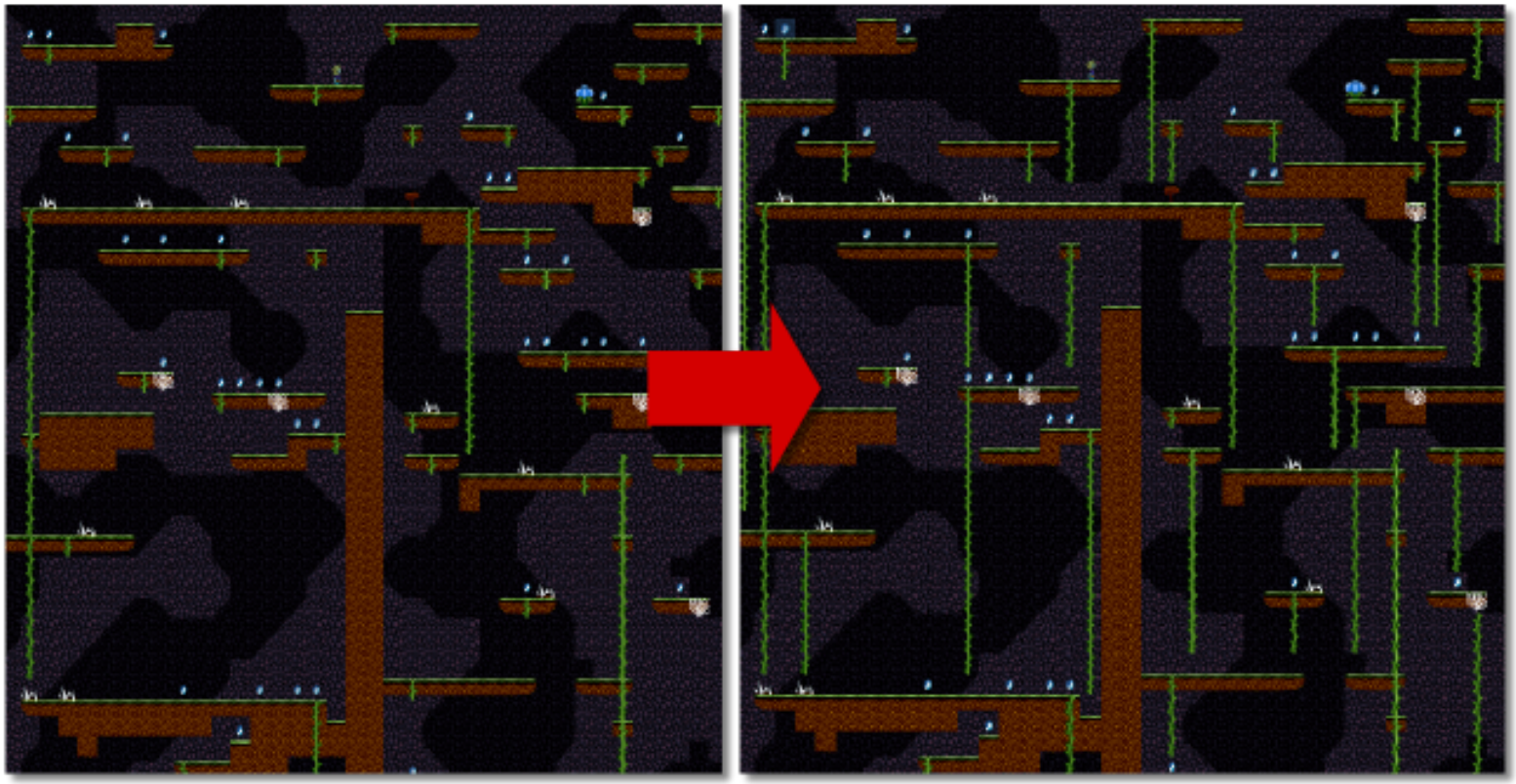


Timeless - generovaný



Spelunky

Timeless - generovaný



Contra

Důvodů pro vytvoření takového světa je mnoho, ty nejzákladnější omezení jsou (byla) paměťová. V dobách 8-bit, kdy celá hra zabrala maximálně desítky kB a existovala například omezení na maximální počet barev zobrazených najednou to jinak nešlo.



link: Contra, 128kB včetně grafiky a hudby

G.I. Joe: A Real American Hero (NES)









link: G.I.Joe, 216kB včetně grafiky, textu, několika postav, animací, hudby

Causal světy

Příklad: The Legend of Zelda: Breath of the Wild

- Svět se mění v závislosti na akci hráče.
- Přizpůsobuje se příběh a questy, NPC reagují na hráče.

Causal

Pro kauzální světy platí podobná pravidla jako výše, jen v tomto případě je část světa prošlá hráčem nastavena (zabití protivnící, otevřené dveře, atp.).

Svět je tedy popsán i několika proměnnými, kdyby se hráč potřeboval vrátit.

Causal - generovaný

Hry s generovaným obsahem tedy svět vytváří (buď iterativně, nebo dávkově) a přítomností hráče se svět dostane do určitého stavu.



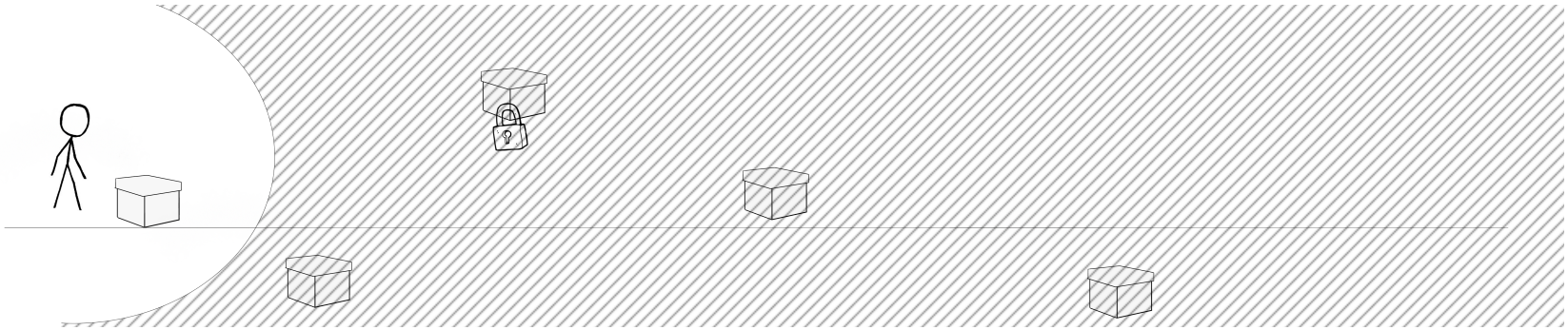
Causal - generovaný

Kombinace vytváří zajímavý svět, podporující znovuhratelnost. Ikonickým příkladem je zde řada Diablo.

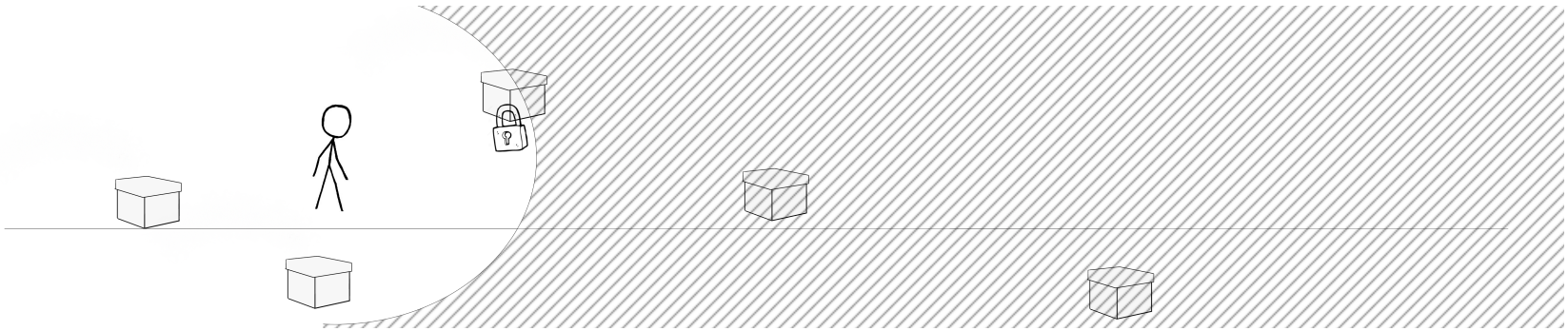




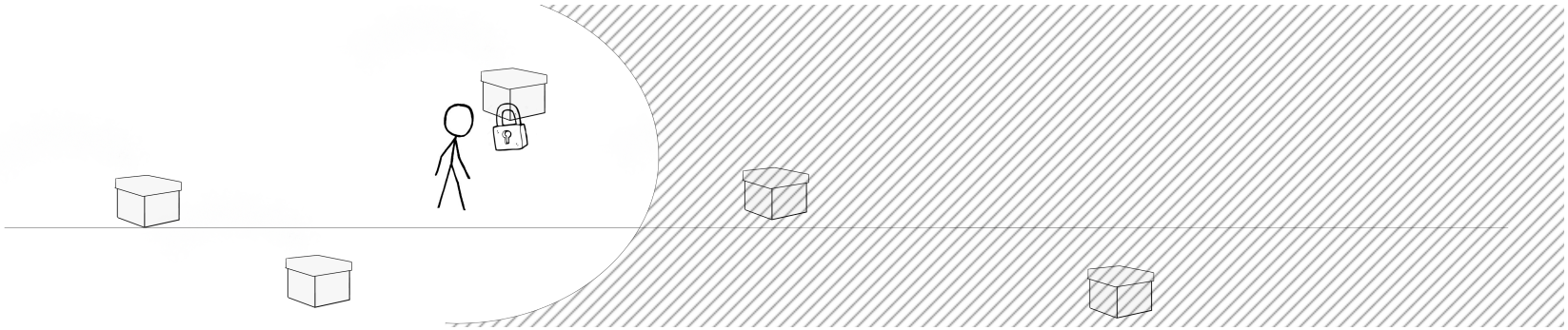
Causal



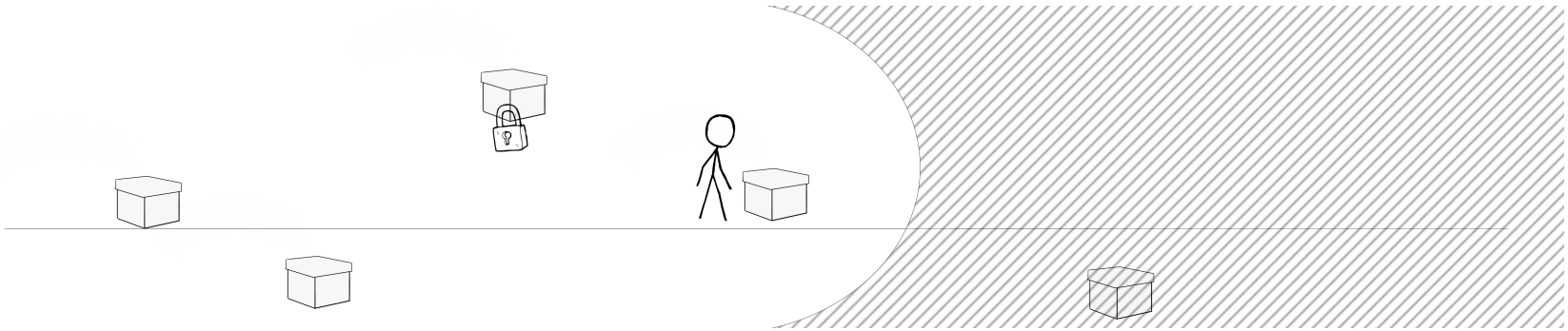
Causal



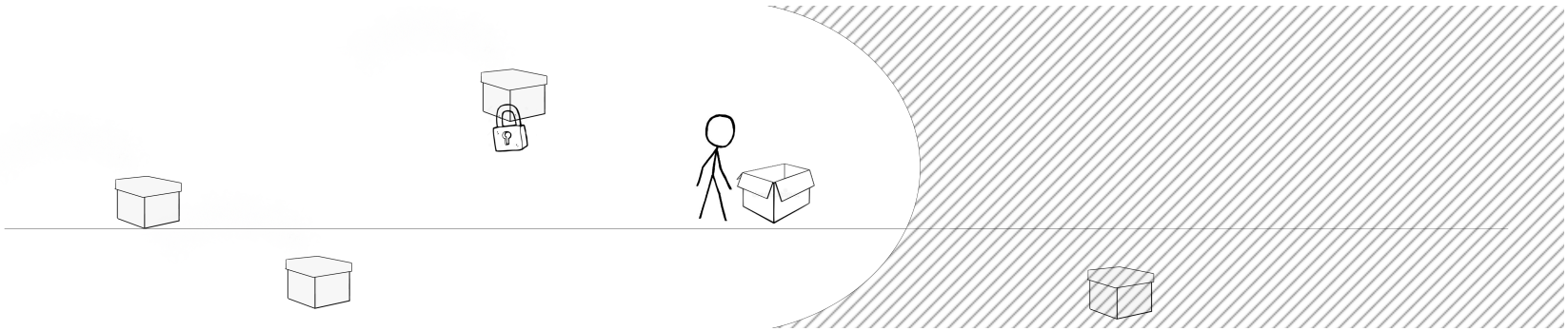
Causal



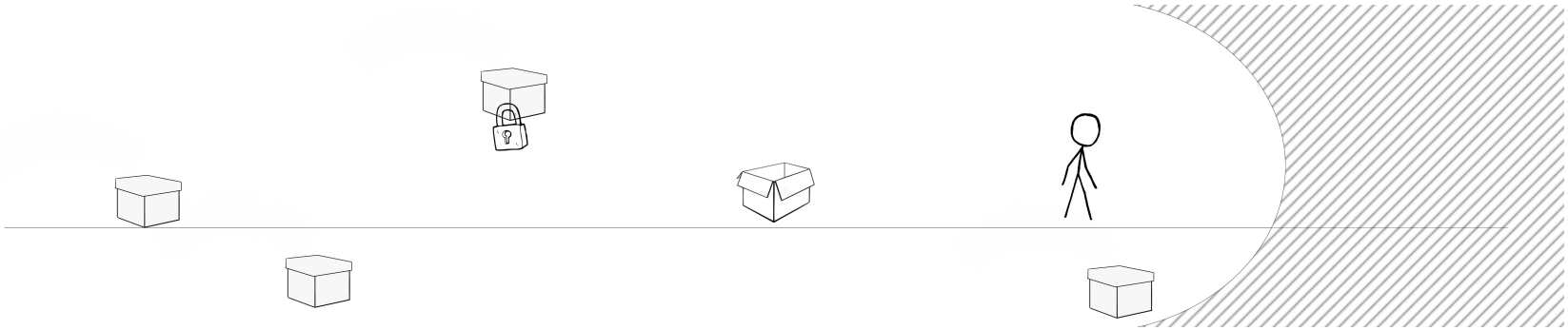
Causal



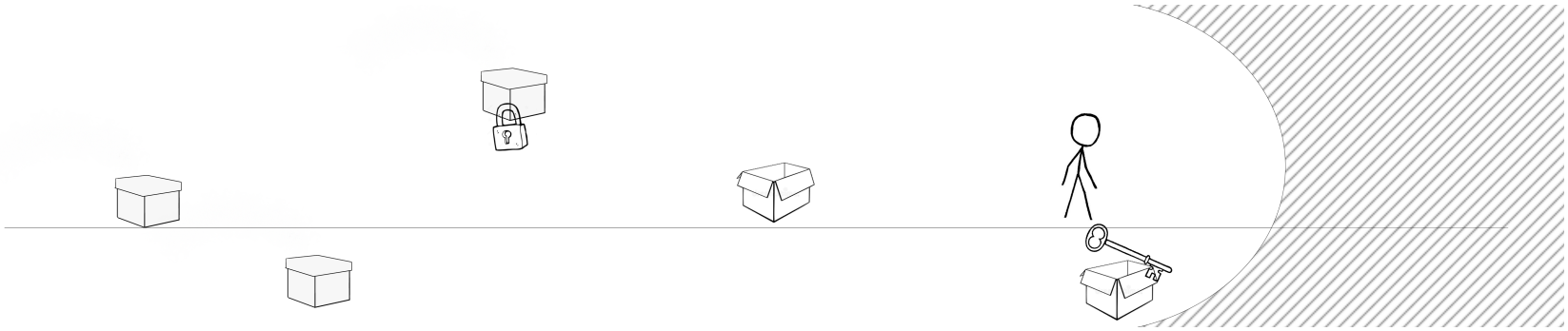
Causal



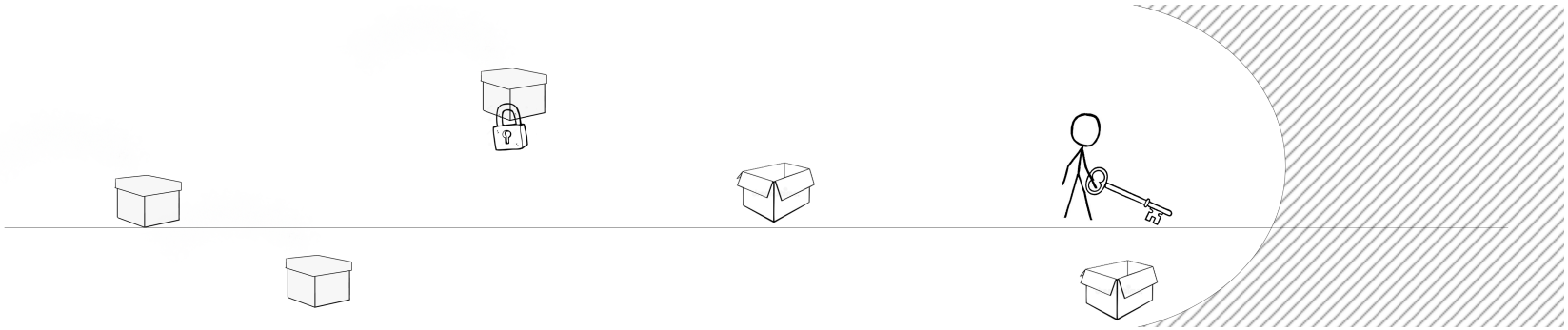
Causal



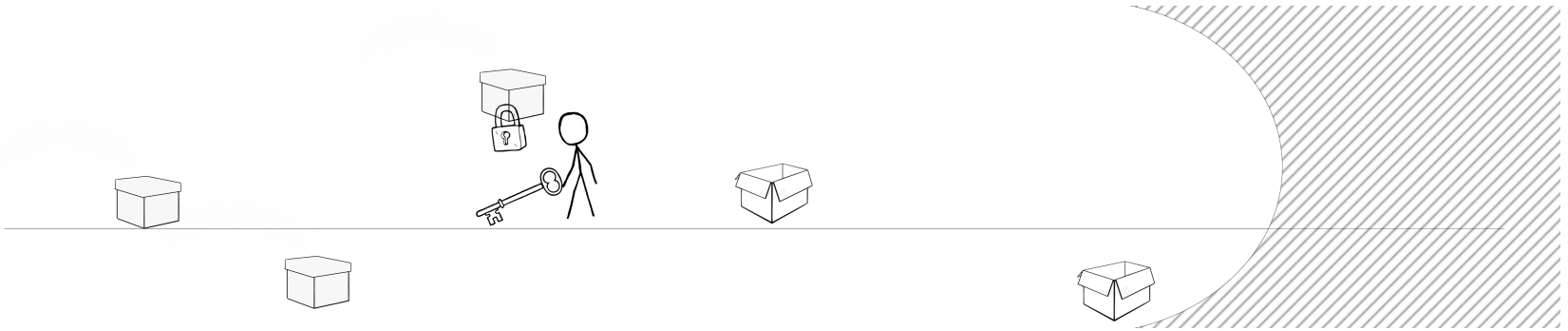
Causal



Causal



Causal



Příklad mechaniky zámku a klíče: Metroidvania

- Hráč objevuje části světa, ke kterým potřebuje specifické schopnosti (klíče).
- Zámky jsou často fyzické bariéry, ale mohou být i metaforické (např. hráčova zkušenost nebo schopnosti).

Příklad mechaniky zámku a klíče: Metroidvania

- Hráč objevuje části světa, ke kterým potřebuje specifické schopnosti (klíče).
- Zámky jsou často fyzické bariéry, ale mohou být i metaforické (např. hráčova zkušenost nebo schopnosti).
- Doom
- Star Wars Jedi: Survivor
- Witcher III
- ...

Player induced

S dostatkem paměti i prostředků přibyla možnost vytvářet komplexní světy a nechat je hráče více ovlivňovat.

Svět je v zásadě stále statický až na několik výjimek. Hráčovy akce mohou ovlivňovat i podobu světa *který ještě nenavštívil*.

Toto v kombinace \chytrým" level designem a dynamickým získáváním abilit umožní poměrně komplexní (opakované) procházení herního světa.

Hry se světem v tomto duchu působí obvykle \heroicky" (vše co se děje ovlivňuje jen hráč, vesvětě se neděje nic, dokud něco neudělá hráč) ale zároveň i poměrně ploše.

Co jsou Player-induced světy?

Player-induced světy jsou světy, které se mění primárně díky akcím hráče.

Klíčové rysy:

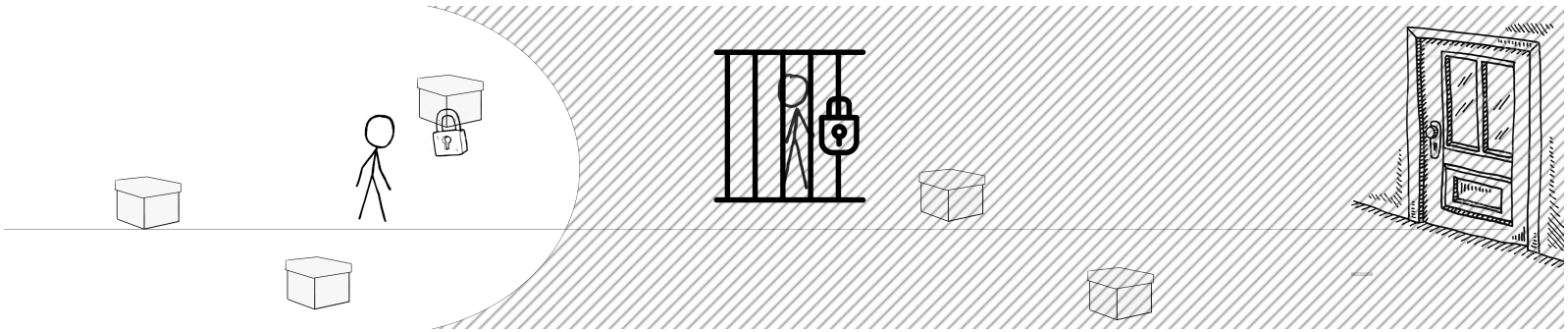
- Akce hráče mají přímý vliv na vývoj světa.
- Svět reaguje na hráčova rozhodnutí.
- Změny jsou trvalé a mohou mít dlouhodobé následky.

Player induced

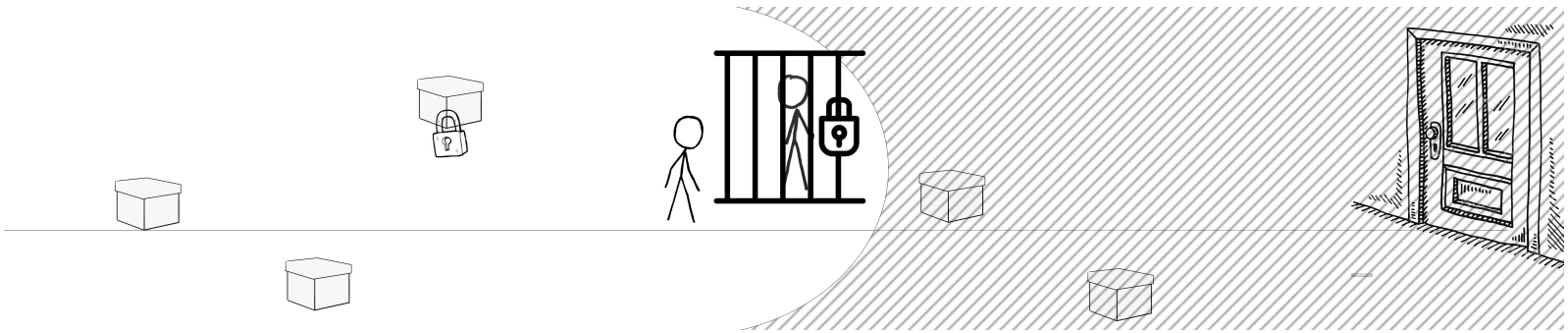
Možnost ovlivňovat a brát svět jako celek vedl k poměrně divoké snaze jej takto využít. Opakovat použití levelů \jinak", přidat nové možnosti dávající význam a nové využití již navštívených scén.

Někde tu může být velký problém, kde?

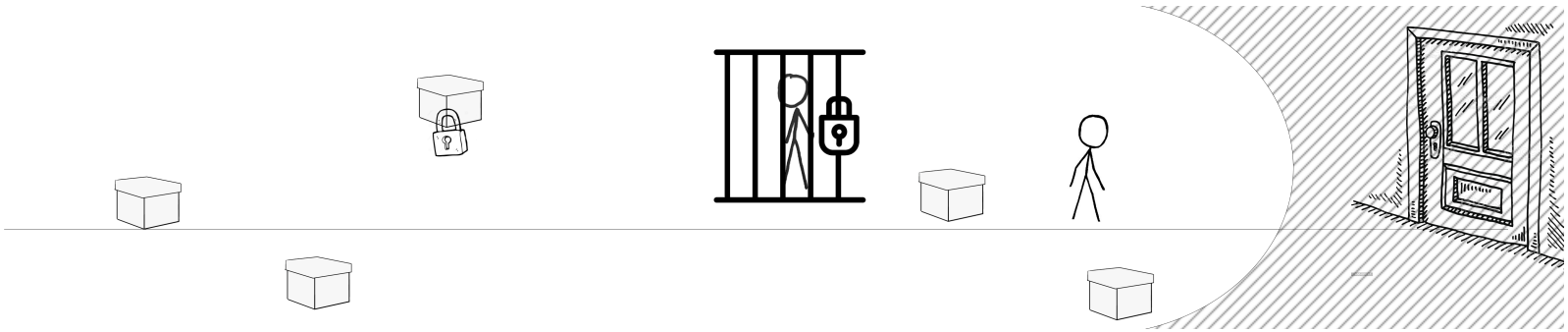
Příklad



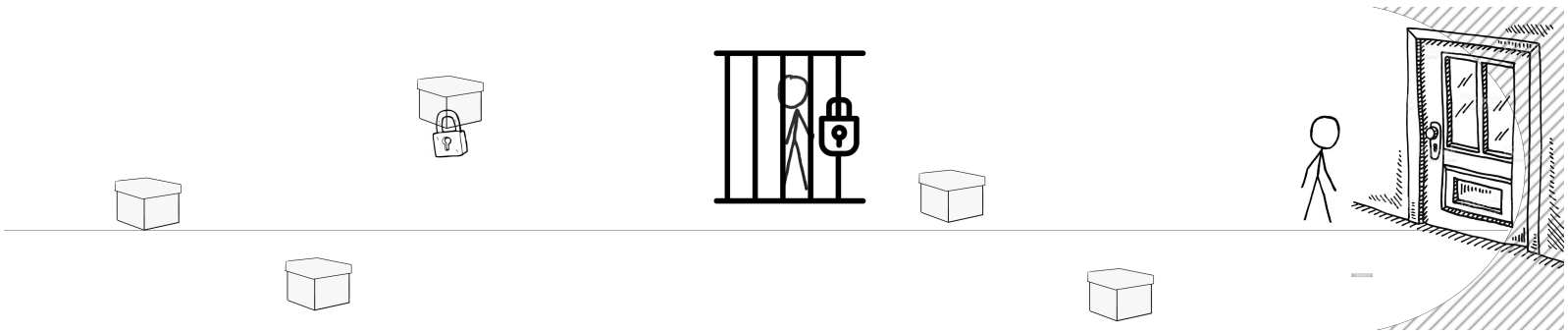
Příklad



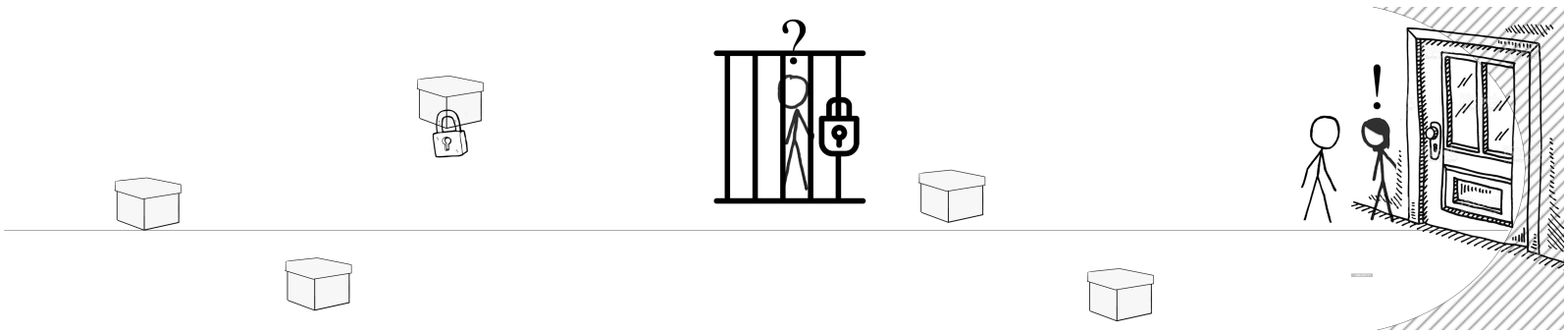
Příklad



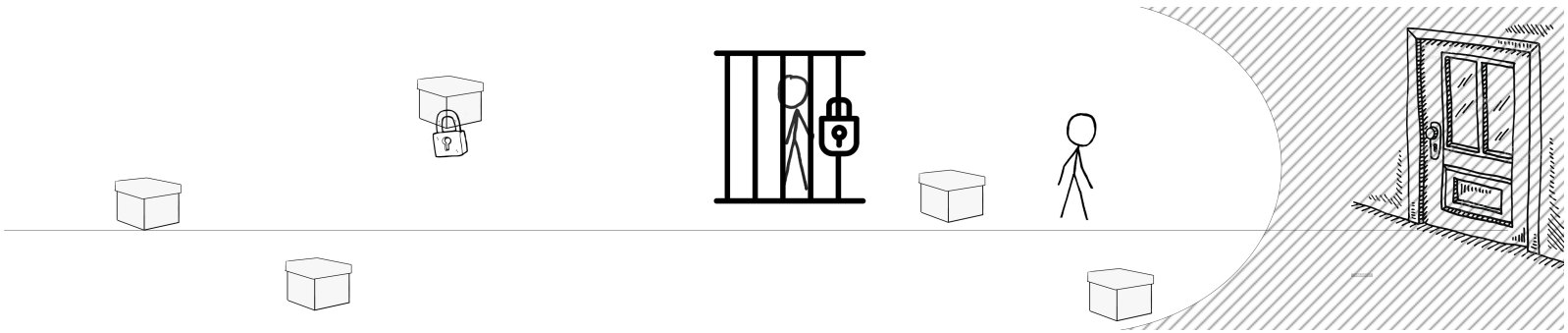
Příklad



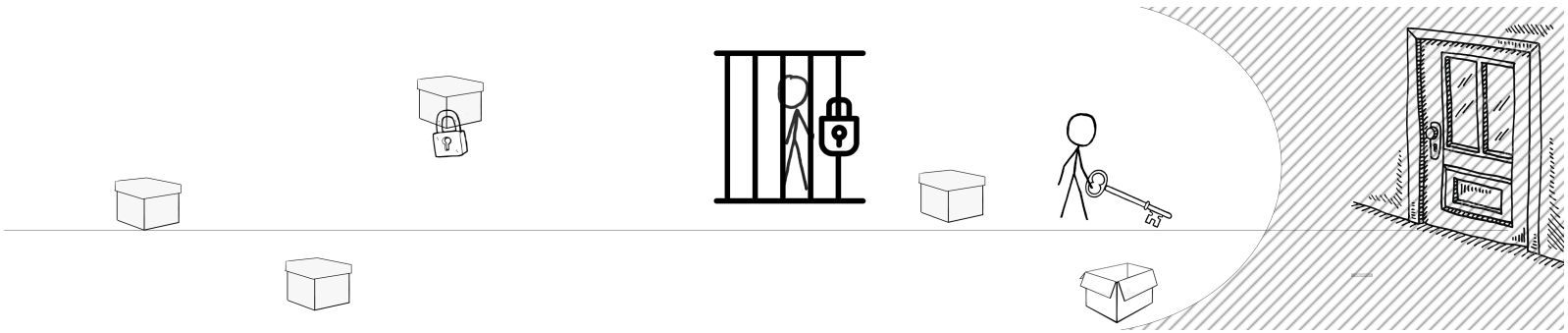
Příklad



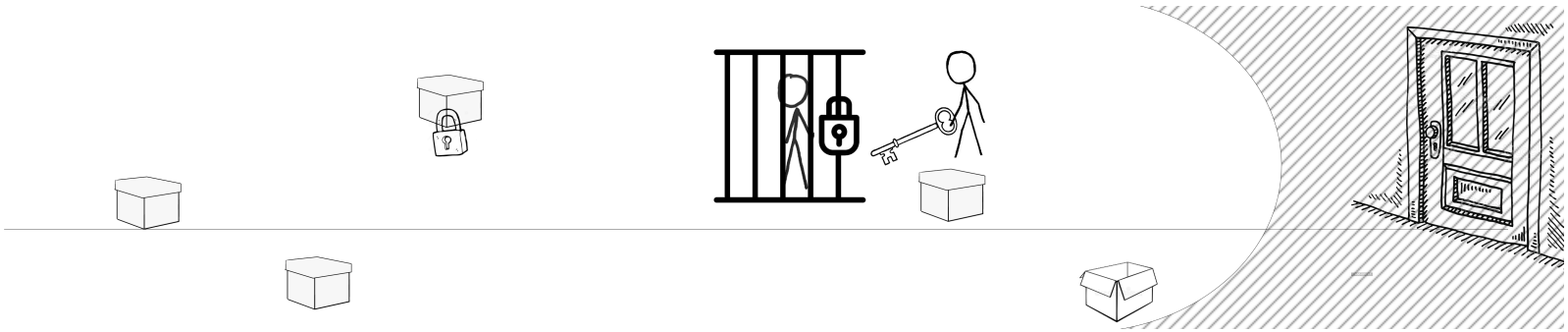
Příklad



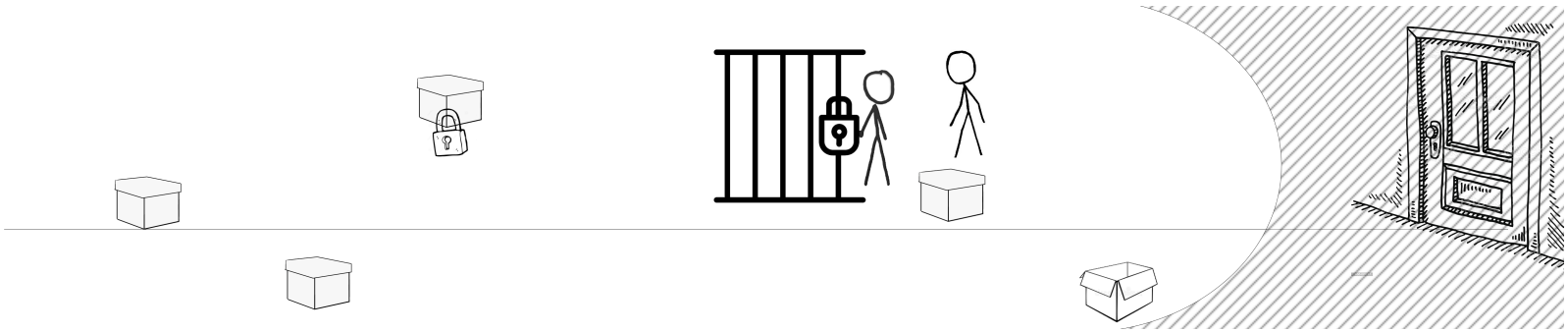
Příklad



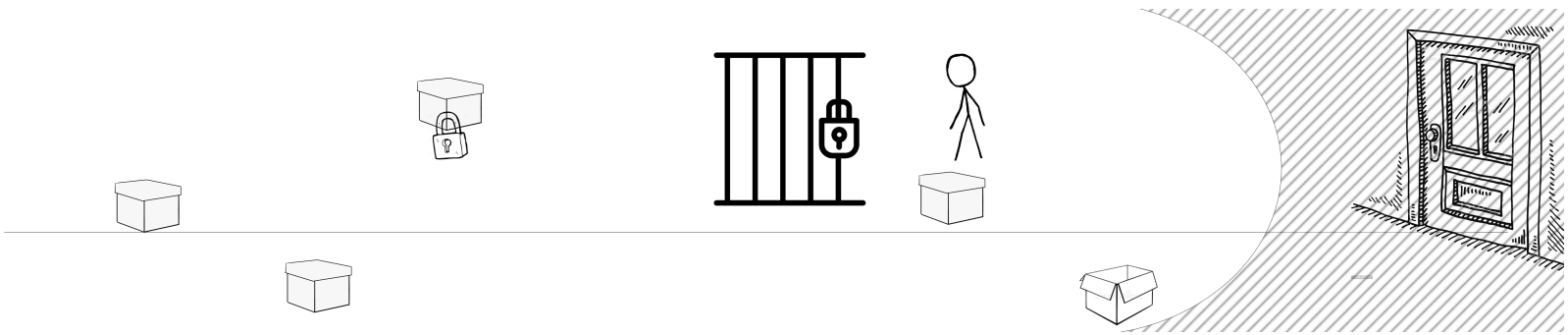
Příklad



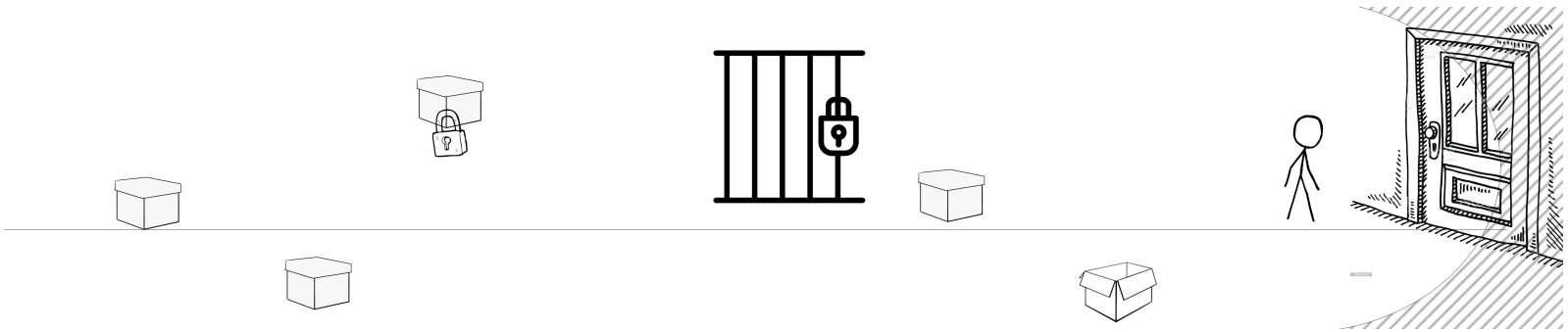
Příklad



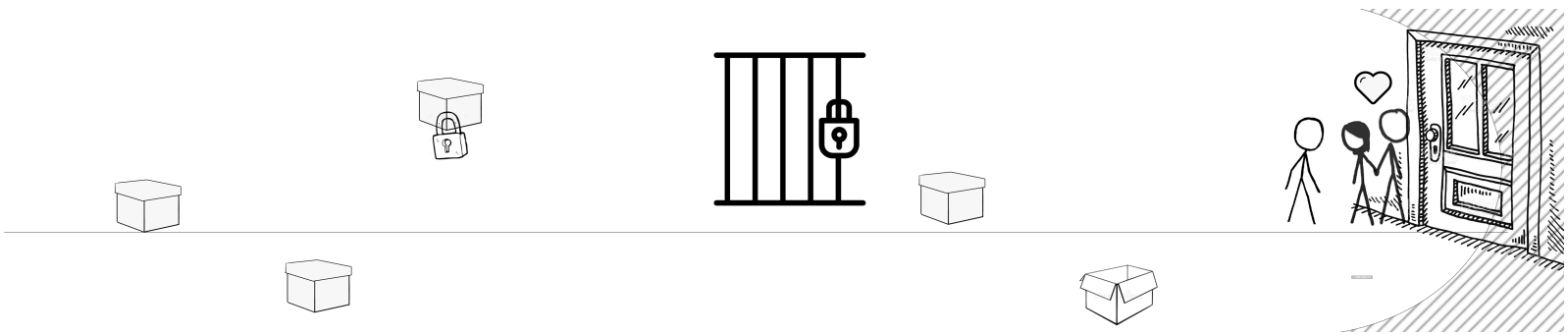
Příklad



Příklad



Příklad



Příklad: Fable série

Jak to funguje:

- Hráčovo chování (dobré nebo zlé) má přímý vliv na vzhled a stav světa.
- NPC postavy reagují podle hráčova morálního kompasu.
- Prostředí se mění podle rozhodnutí hráče - temnější nebo přívětivější.

Příklad: Skyrim (The Elder Scrolls V: Skyrim)

Jak to funguje:

- Hráč může ovlivnit politické uspořádání světa skrze podporu různých frakcí.
- Rozhodnutí v občanské válce mění mapu a stav frakcí.
- Města a oblasti reagují na hráčova rozhodnutí dlouhodobě.

Příklad: Mass Effect série

Jak to funguje:

- Rozhodnutí hráče ovlivňují osud celých civilizací.
- Následky rozhodnutí z jedné hry ovlivňují děj v pokračováních.
- Hráč může zachránit nebo zničit celé rasy a světy.

Ikonický Příklad: Dark Souls série

Jak to funguje:

- Hráčovy akce nebo selhání přímo mění stav světa.
- NPC reagují na hráčovy činy a často se mění podle jeho úspěchů a neúspěchů.
- Příběh se přizpůsobuje hráčovu postupu a výsledkům jeho bojů.
- Bossové zmizí jen když je hráč porazí

Player induced - možný problém

Svět

- se lehce mění
- reaguje na akce hráče
- je procházitelný zpětně

Player induced - možný problém

Svět

- se lehce mění
- reaguje na akce hráče
- je procházitelný zpětně

Hráč

- získává nové předměty
- získává nové schopnosti (na ovlivňování světa)
- schopnosti se týkají i pohybu po světě

Player induced - možný problém

Svět

- se lehce mění
- reaguje na akce hráče
- je procházitelný zpětně

Hráč

- získává nové předměty
- získává nové schopnosti (na ovlivňování světa)
- schopnosti se týkají i pohybu po světě

Příklady:

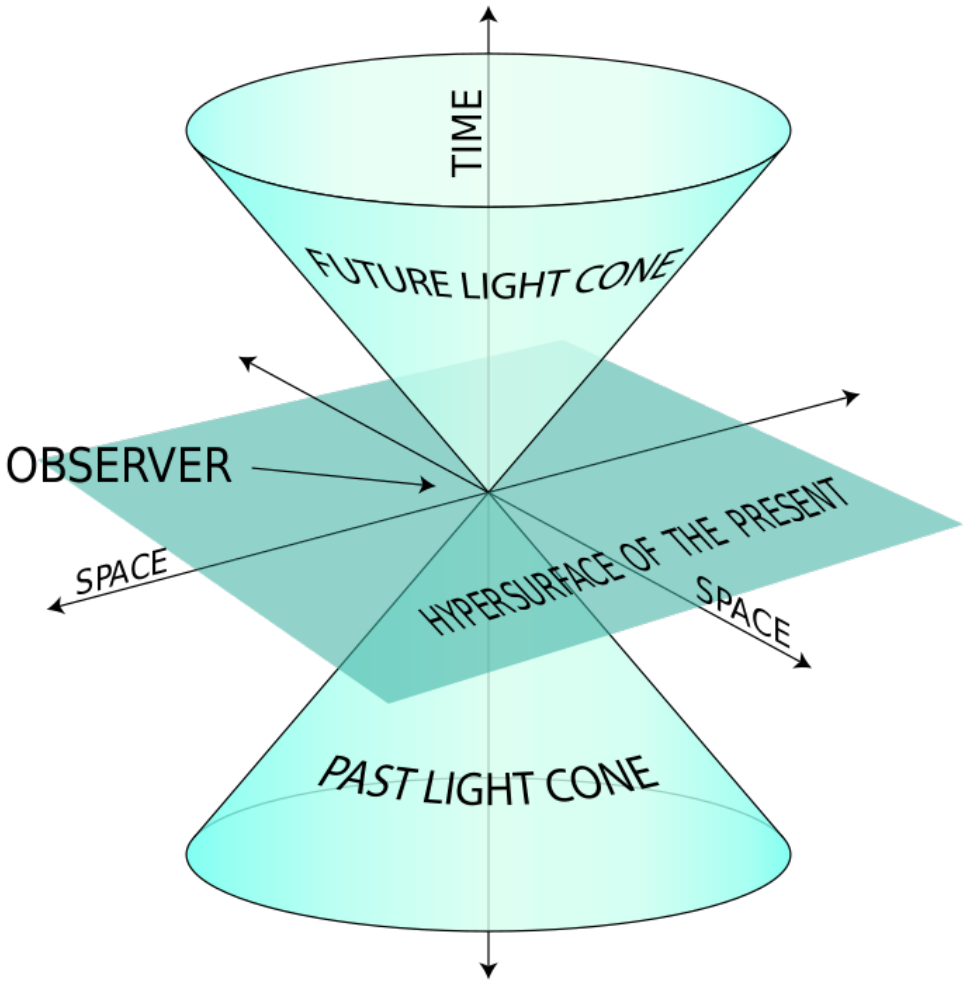
- Star Wars: Jedi Knight Dark Forces 2 (podmíněný postup)
- Star Wars Jedi: Fallen Order (bonusový obsah)

Player induced - možný problém

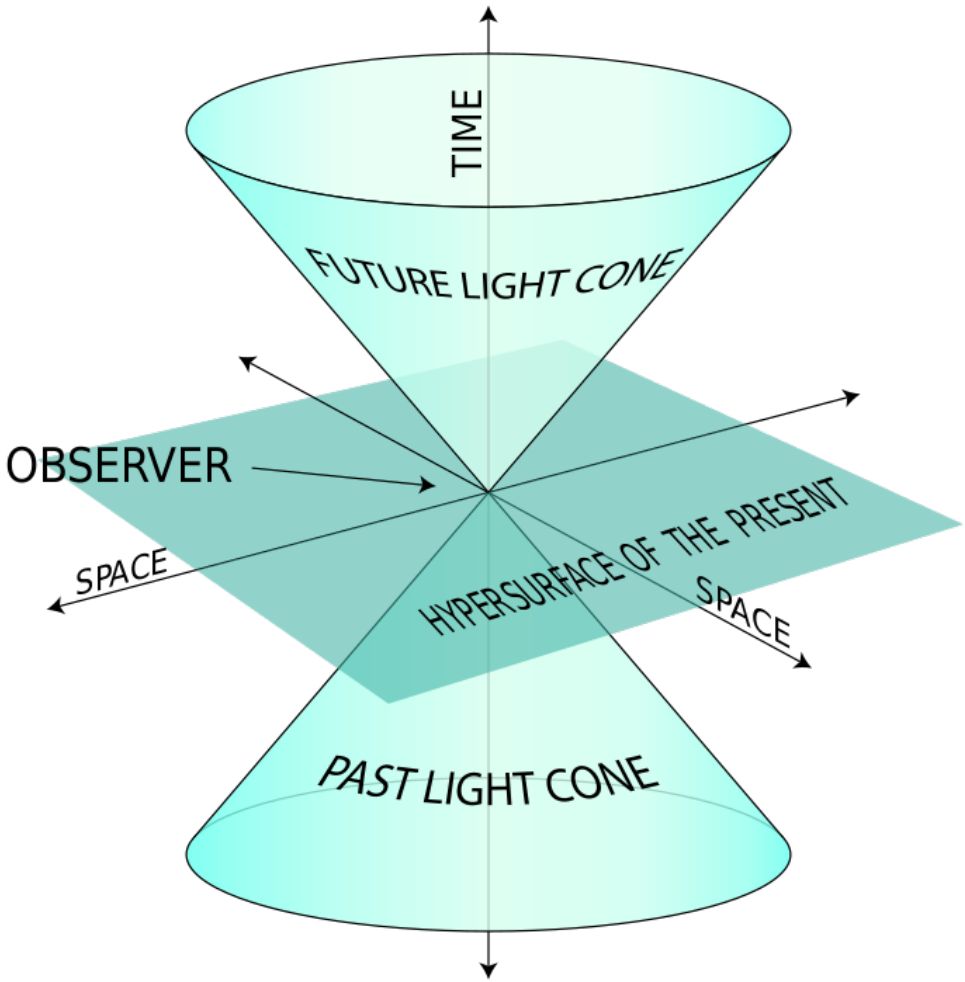
Vytváření párů stavů klíč - zámek

- Stav, kde klíč/zámek jsou například rampa, mezera v mostu, enviromentální překážka
- Jak hráč zjistí, že *potřebuje* klíč (kouzlo, heslo, schopnost, etc.)?
  - Explicitní vysvětlení (text: přijď později).
  - Utajení (hráč možnost - zámek - ani nevidí)
  - Tápání.

Úkrok stranou?



Úkrok stranou



Nejaký vztah k VHS?

PG vs. PCG

- Procedurální generování (PG) je dle [pcg19] proces, při kterém je procedurálními metodami tvořen obsah do hry, který však nijak zásadně neovlivňuje samotnou hratelnost. Např. textury, hudba, animace atd.
- Procedurální generování obsahu (PCG) je naopak dle [pcg19] generování obsahu, který přímo ovlivní hratelnost, tedy např. generování levelů (jejichž poskládání ovlivní samotný průběh hrou), příběh, statistiky u zbraní, jejich síla atd. Někdy lze narazit i na zkratku PCG-G (Procedural Content Generation for Games) [HMVDVI13] označující stejnou oblast.

K Tématu lze doporučit buď zastřešující (a skvělou!) rešerší z práce Petry Svíčkové [Svi19], případně klíčové zdroje jako[Dou08, STN16, aMM11, for, HMVDVI13] atd.

P(C)G

Šest skupin metod procedurálního generování herního obsahu:

- pseudonáhodné generování čísel – např. *Perlinův šum*,
- generativní gramatiky – např. *L-systémy, dělící gramatiky, tvarové gramatiky*,
- filtrování obrazu – např. *binární morfologie a konvoluční filtry*,
- prostorové algoritmy – např. *dlaždicování a vrstvení, mřížkové dělení, fraktály, Voronoi diagramy*,
- modelování a simulace komplexních systémů – např. *celulární automat, tenzorové pole, simulace agenta a další*,
- umělá inteligence – např. *genetické algoritmy, umělá neuronová síť a plánování*.

Perlinův šum

Asi nejčastěji používaná technika[Cep11] na generování (terénu).
Alternativně jde použít třeba Worleyho[Joh10] (celulární) šum atd.

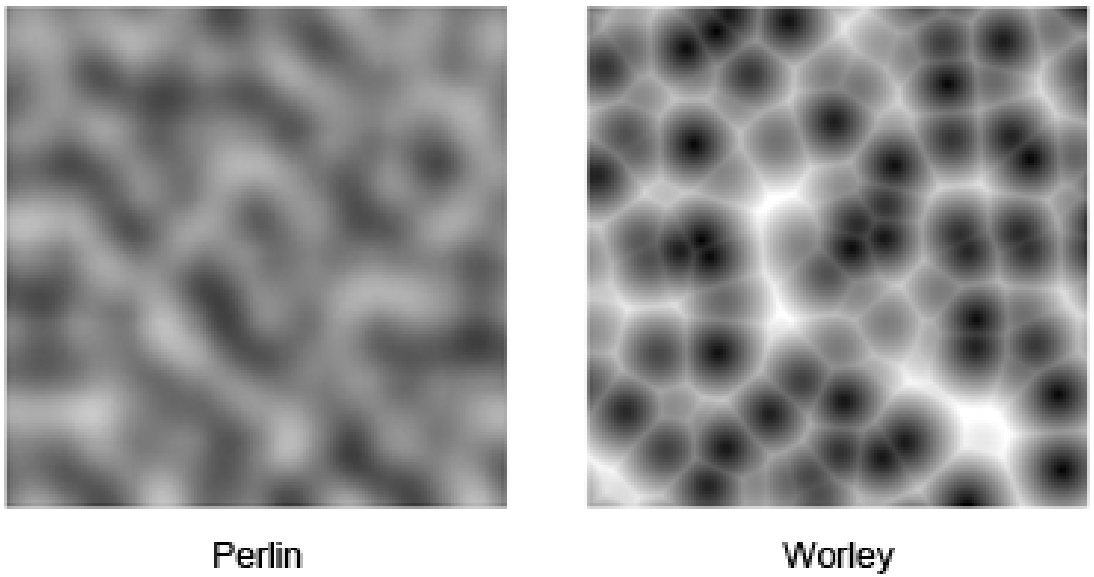


Figure: Porovnání Perlinova a Worleyho šumu. [Cep11]

Perlin

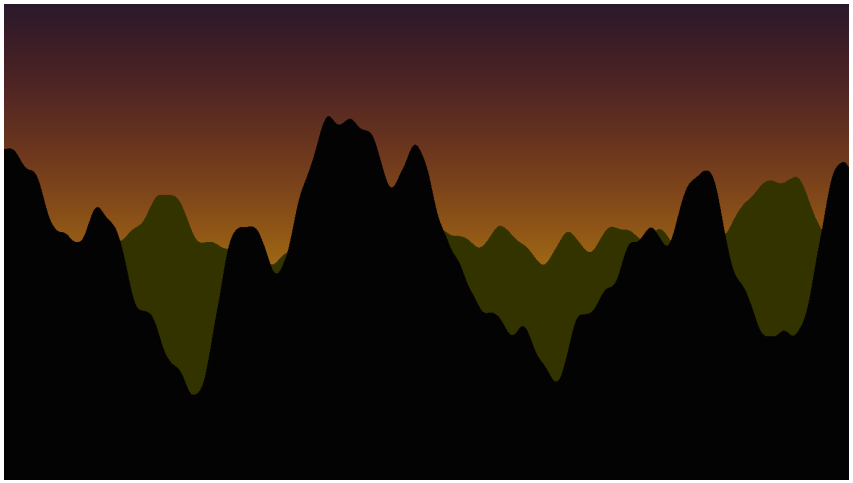


Figure: Použití Perlinova šumu pro generování 2D terénu [Cep11]

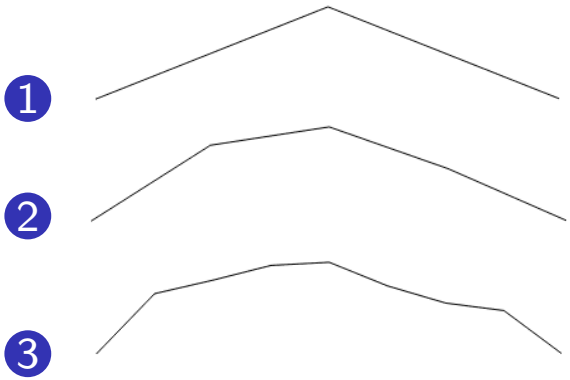
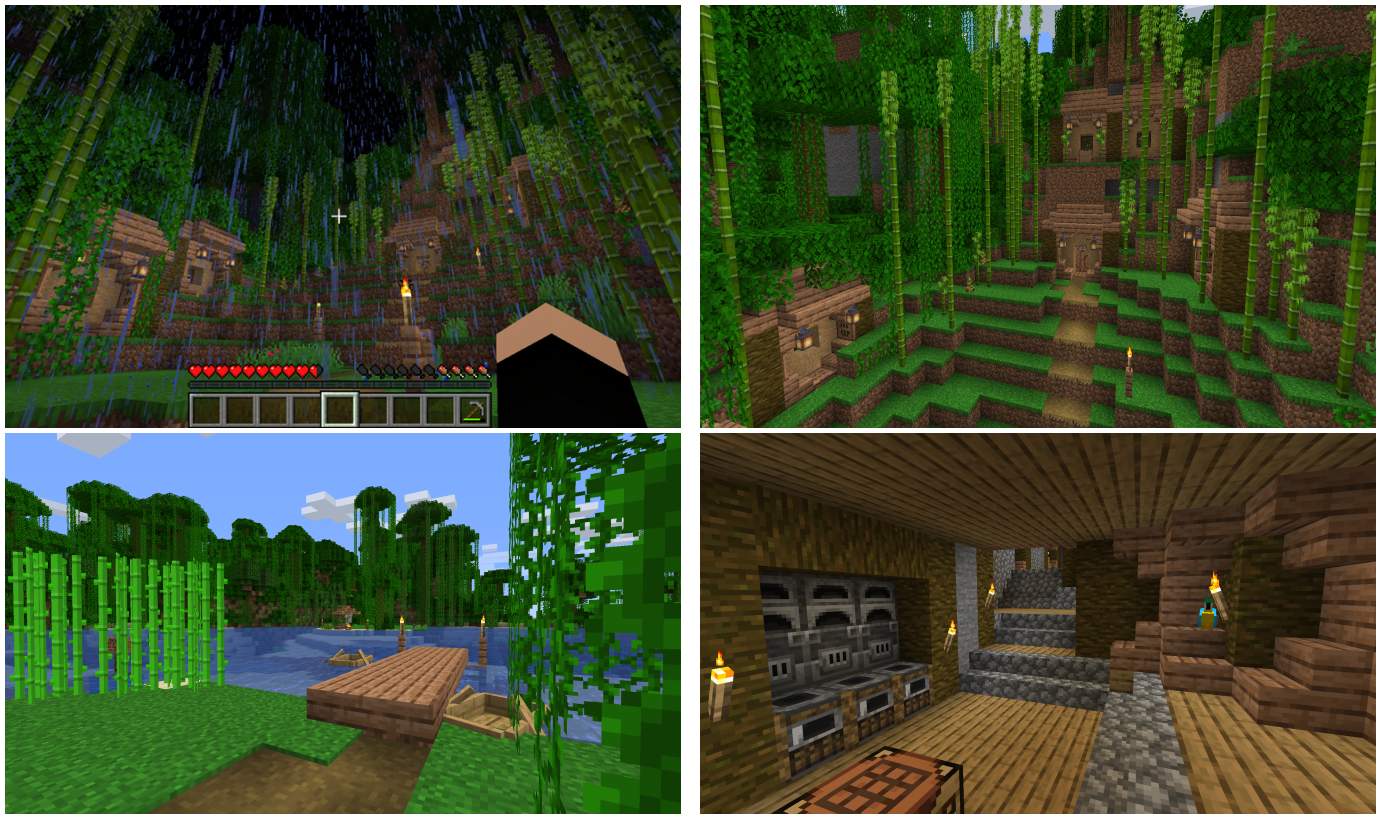


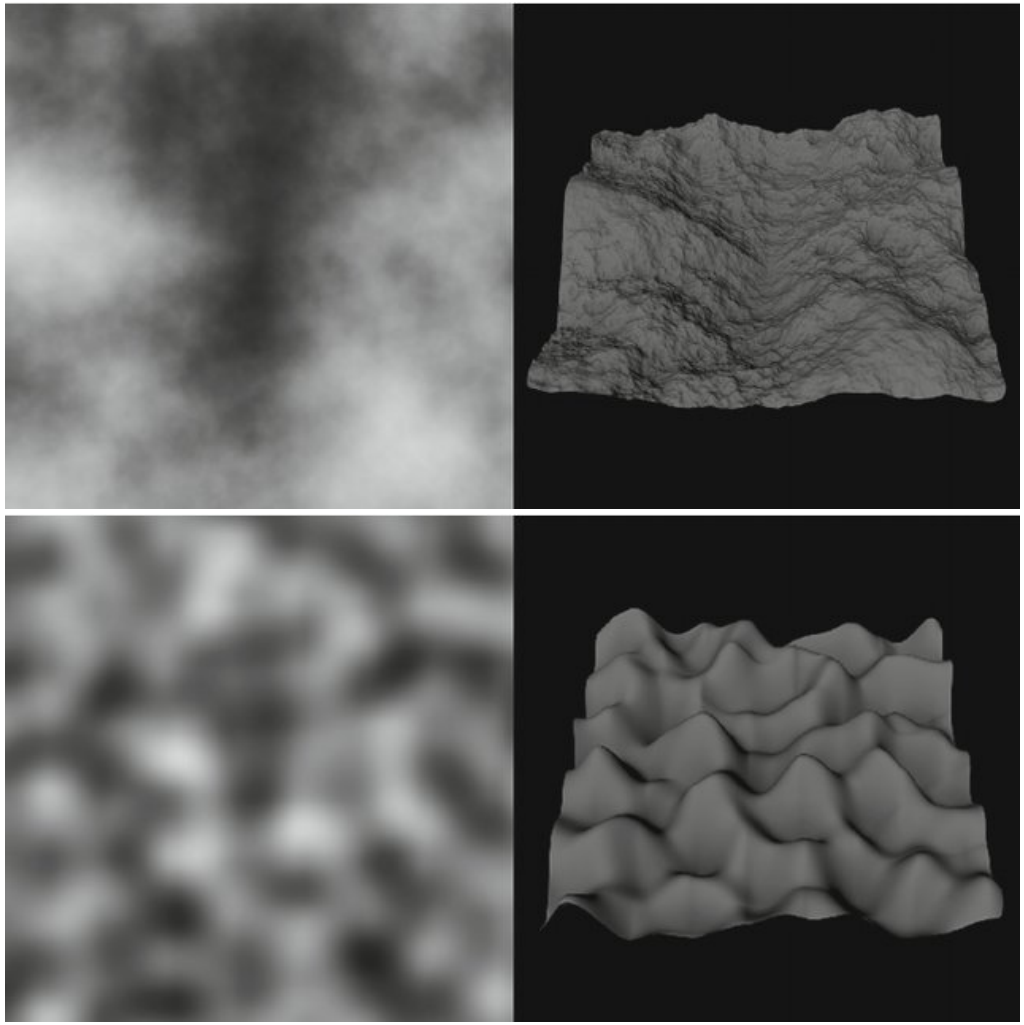
Figure: Postupné generování terénu algoritmem Midpoint Displacement [Mar].

Perlin

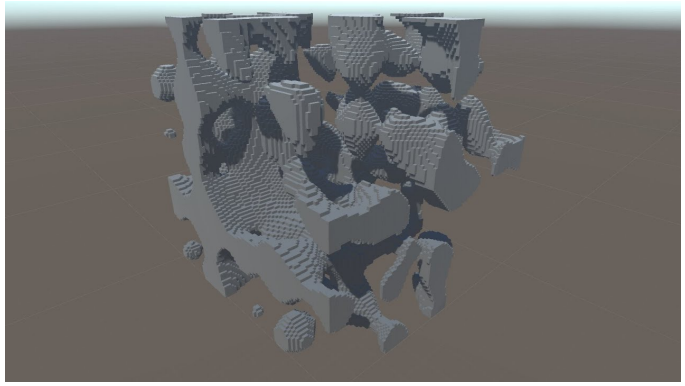
Ikonickým případem aplikace 3D Perlinova šumu je Minecraft (terén, jeskyně).



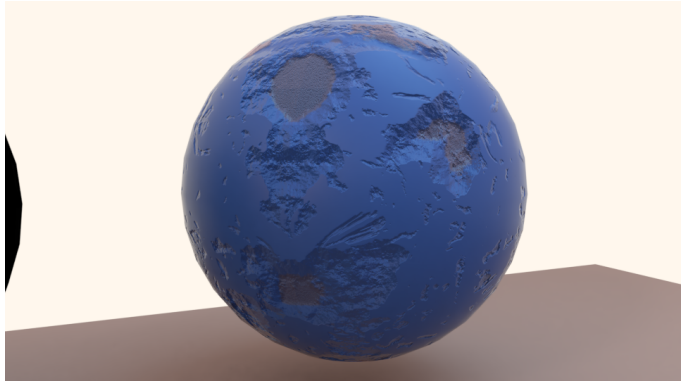
2D Perlin noise

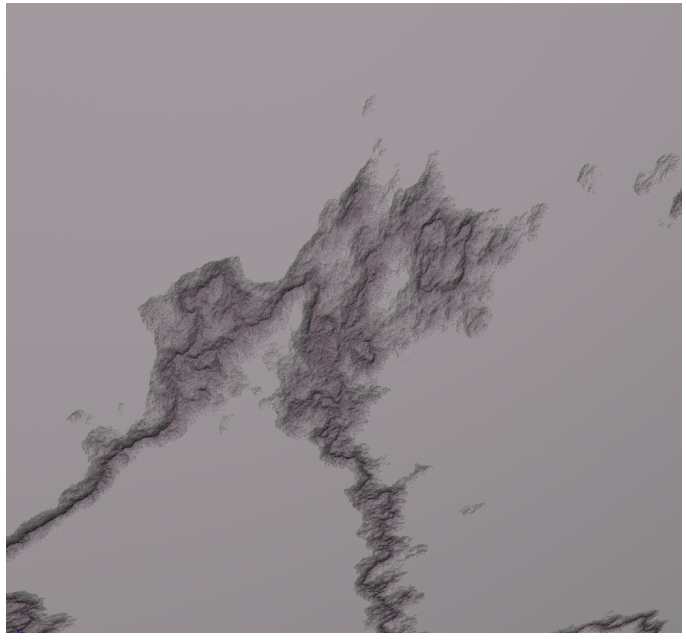


Perlin

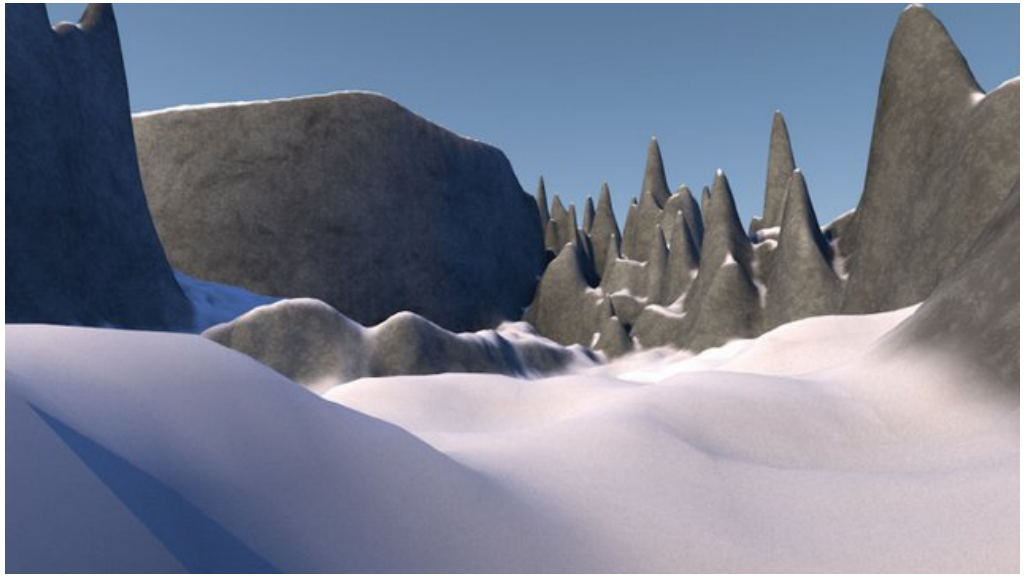


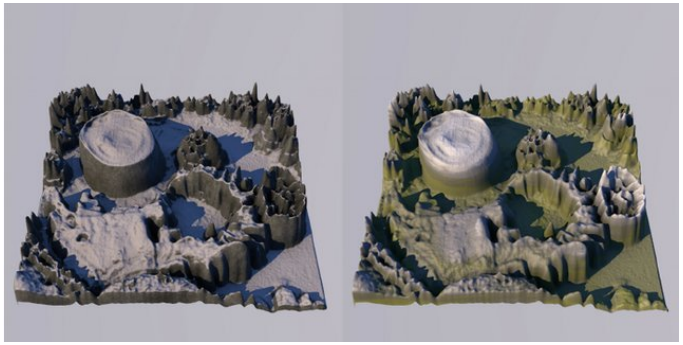


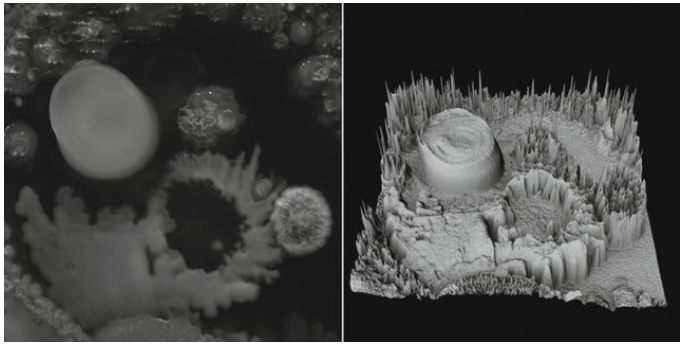




2D Perlin noise







Timeless - Gramatiky

- Level $\longrightarrow$ Překážka + poklad
- Překážka $\longrightarrow$ klíč + Překážka + zámek + Překážka
- Překážka $\longrightarrow$ monstrum + Překážka
- Překážka $\longrightarrow$ chodba

- k-m-c-z-m-z-p
- k-m-k-c-z-m-c-z-c-p
- c-p
- m-m-m-m-c-p

Moc krátké? Nezajímavě? Jak řešit?

Timeless - Gramatiky

Pravidla:

- Level $\longrightarrow$ Překážka + poklad
- Překážka $\longrightarrow$ klíč + Překážka + zámek + Překážka
- Překážka $\longrightarrow$ monstrum + Překážka
- Překážka $\longrightarrow$ chodba

Možné realizace:

- k-m-c-z-m-z-p
- k-m-k-c-z-m-c-z-c-p
- c-p
- m-m-m-m-c-p

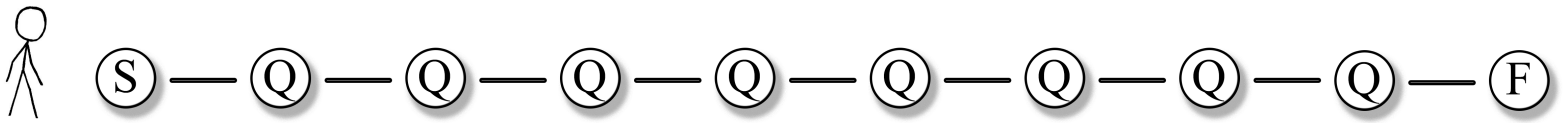
Moc krátké? Nezajímavě? Jak řešit?

- Level $\longrightarrow$ Překážka + Překážka + Překážka + poklad
- Level $\longrightarrow$ strážce levelu + Překážka + mini boss + odměna + Překážka + klíč + Překážka + zámek + boss + poklad

Timeless - Gramatiky

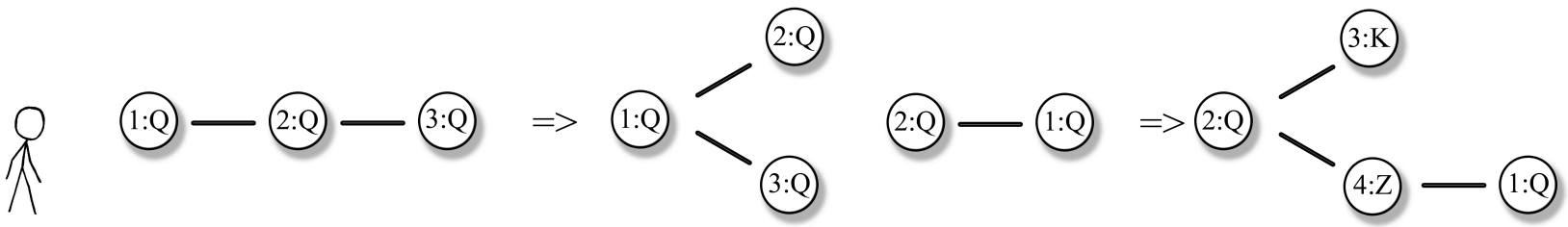
- Jednotlivá pravidla gramatiky mohou být vytvořena ručně, nebo mohou být šlechtěna evolučními algoritmy.
- Vhodnou volbou mohou být L-systémy[Lin68, Moz09] generující poměrně zajímavé výsledky[ABG05]. Vhodné jsou nejen k modelování přírodních struktur, ale třeba i měst[PM01].
- Spíše než klasické řetězcové, nebo arbologické gramatiky jsou pro gry vhodné grafové, nebo 2D gramatiky[A$^+$02, RS95].

Timeless - gramatiky

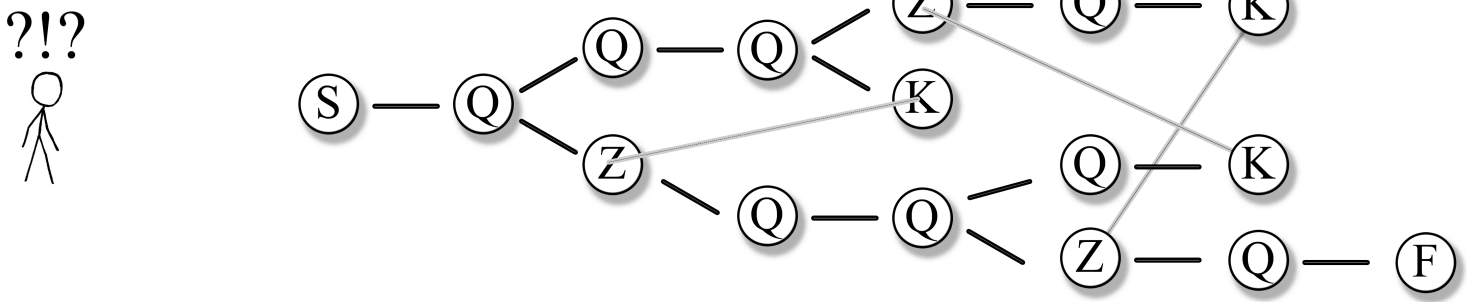


Legenda	
S	Start
Q	Místnost
Z	Zámek
F	Cíl
K	Klíč

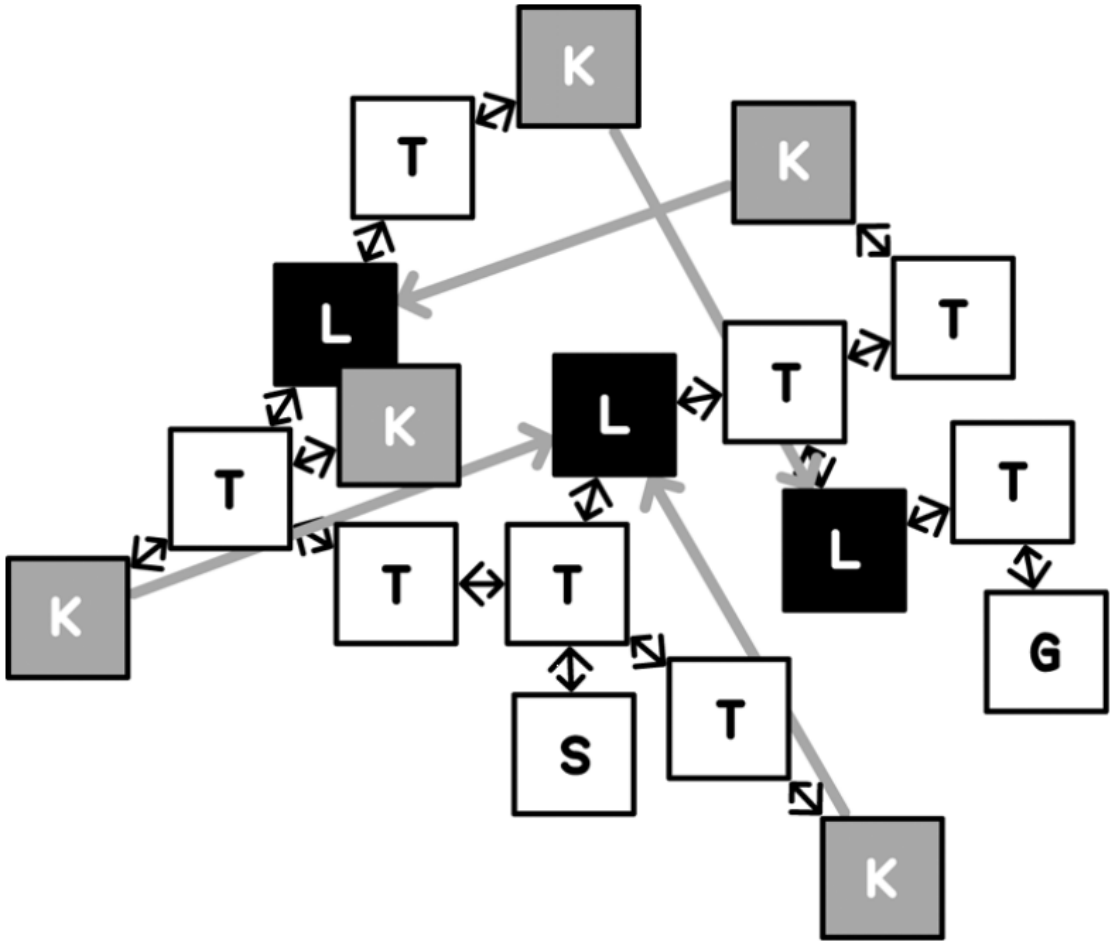
Gramatiky



Gramatiky



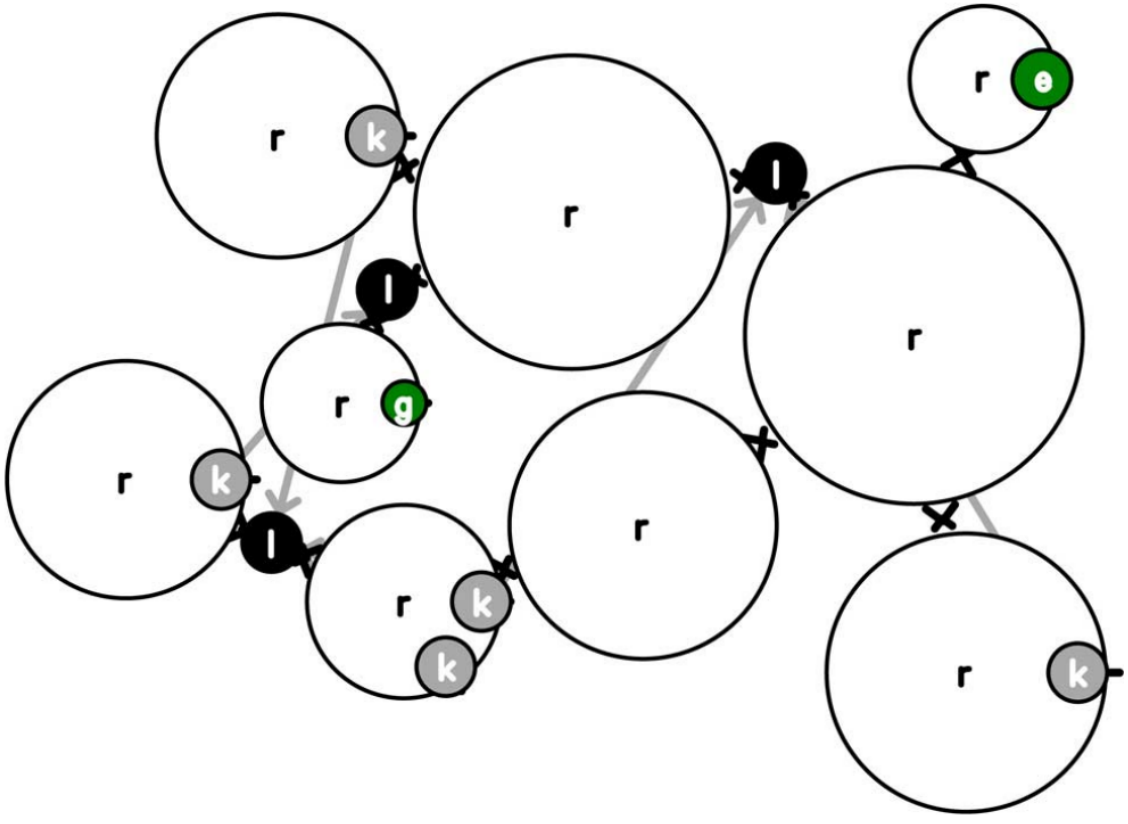
Gramatiky



Force induced graph[DB11]

Převod logického schématu na fyzický: Shluknuti stavů (graf)

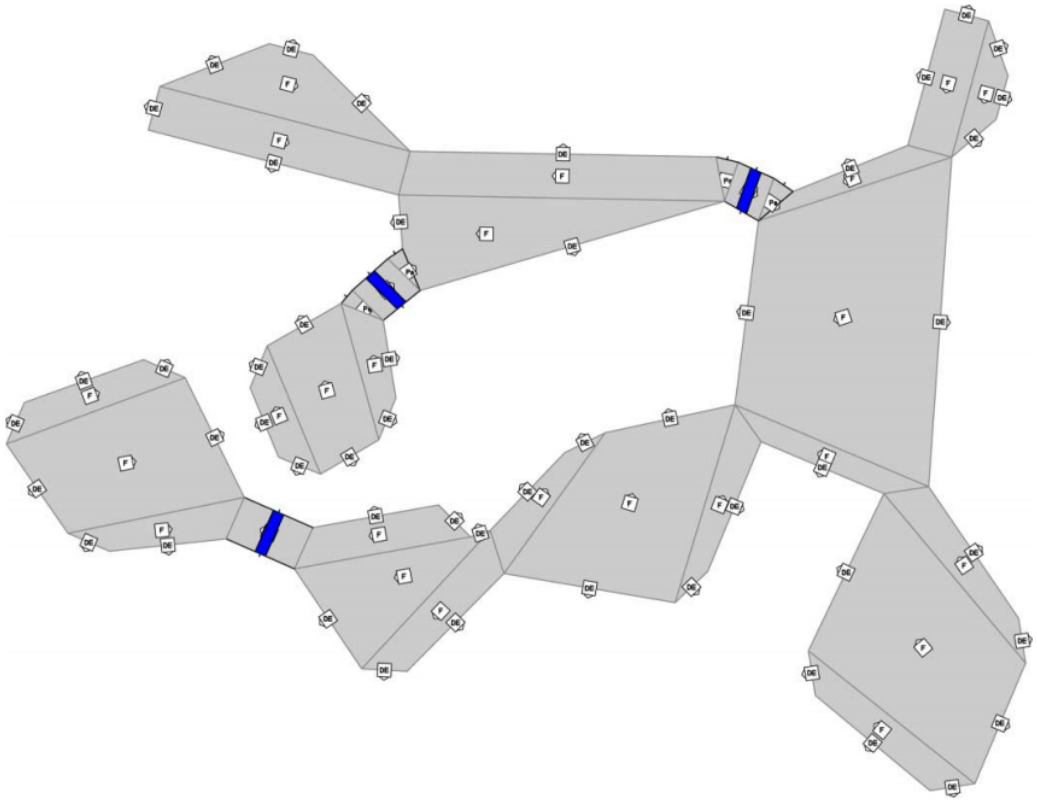
Gramatiky



Vygenerování místností různé velikosti

Převod logického schématu na fyzický: Fyzikální prostor (objemová reprezentace)

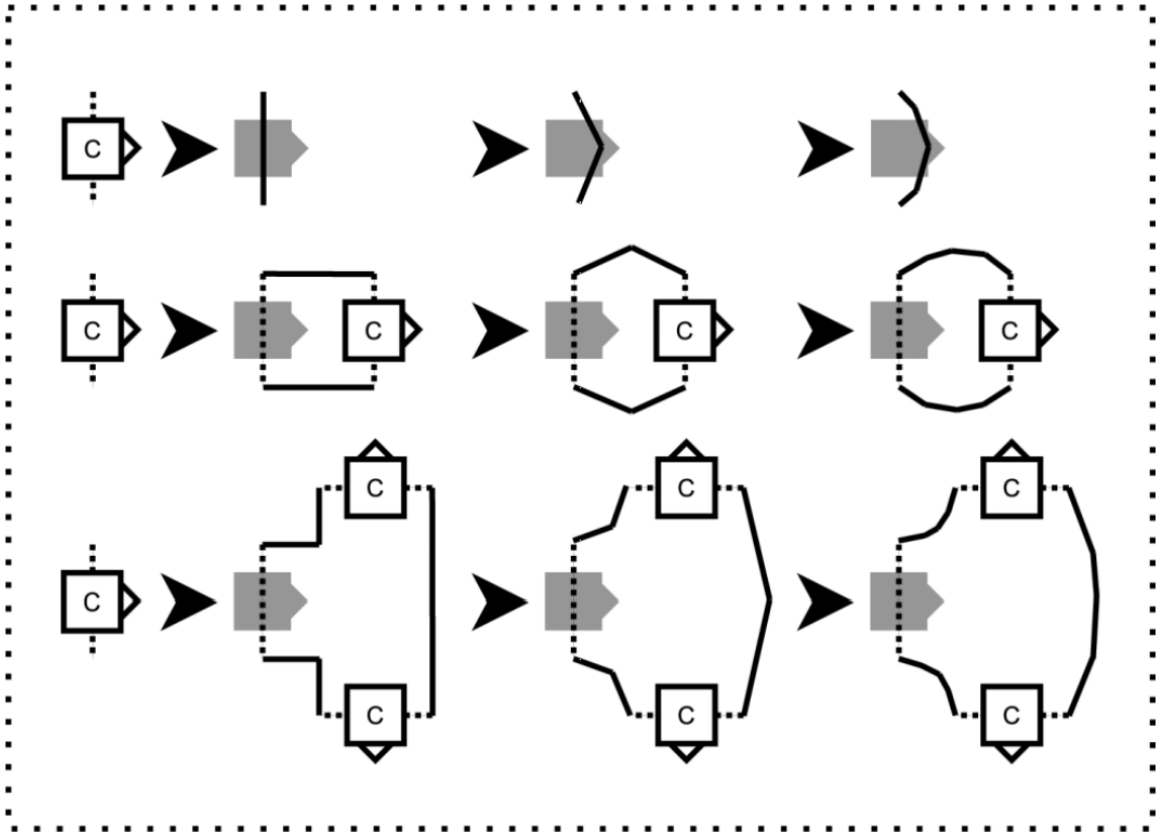
Gramatiky



Obvodová reprezentace

Převod logického schématu na fyzický: Prostorová konstrukce místností a dveří (de facto přechod o obvodové reprezentaci)

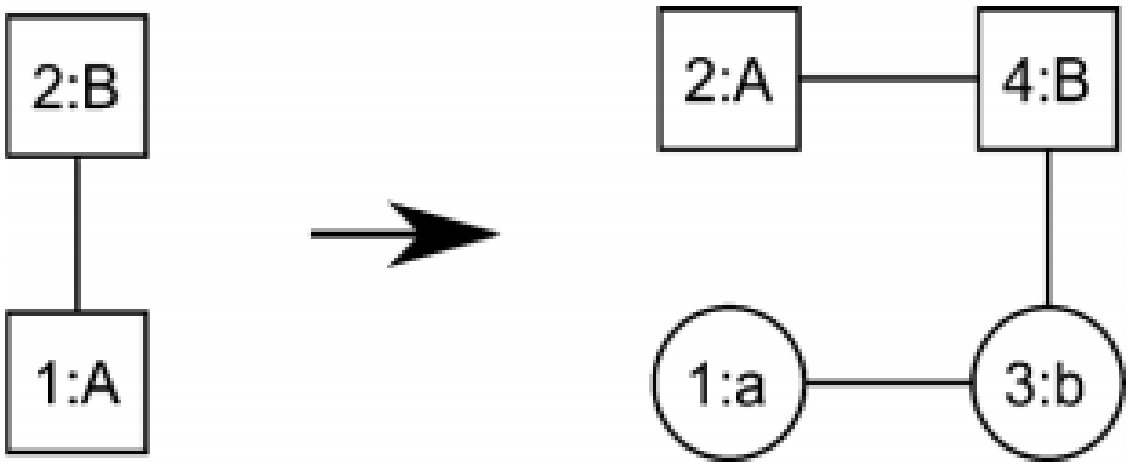
Gramatiky



Obvodová reprezentace

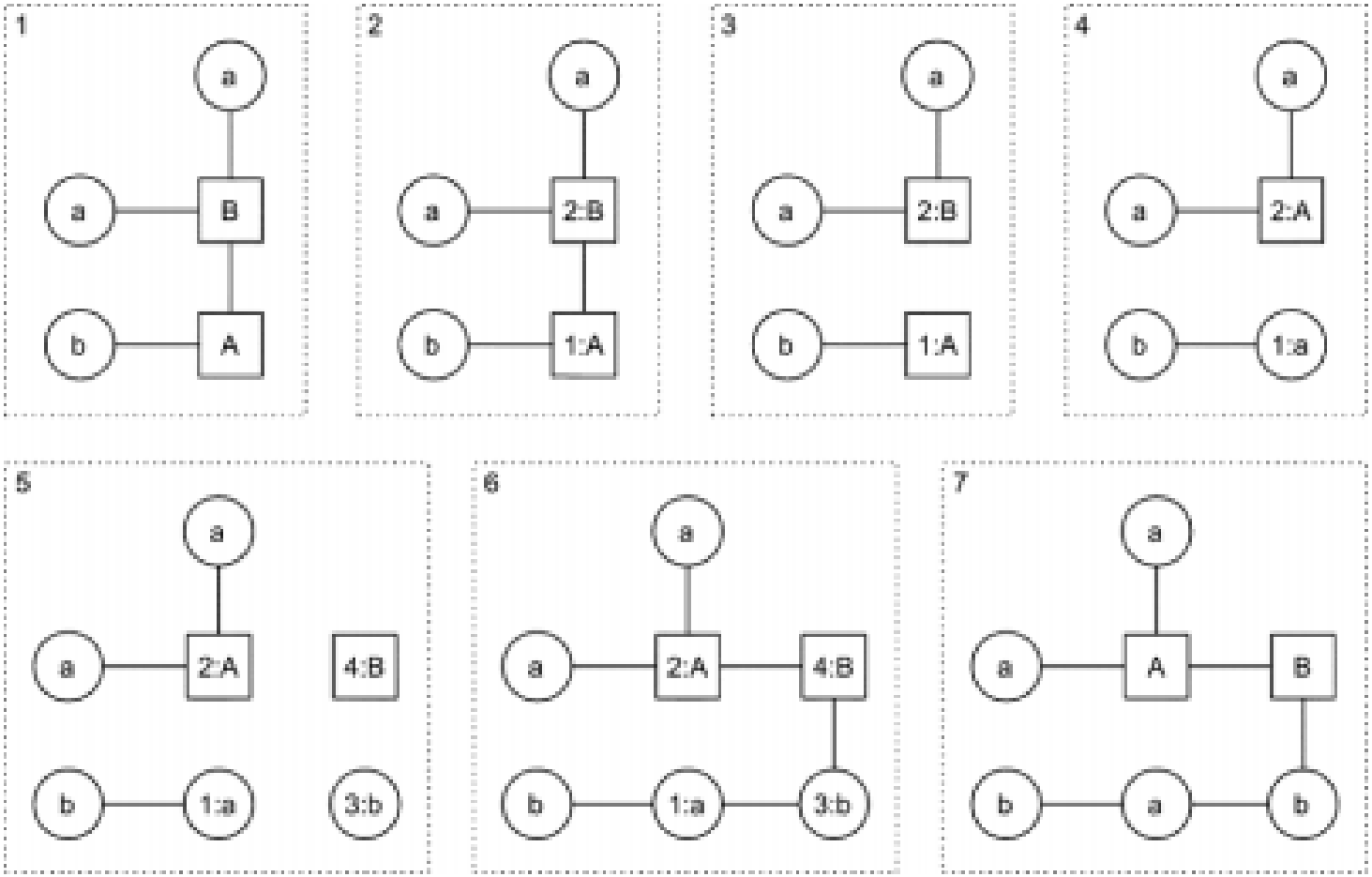
Převod logického schématu na fyzický: Přesnější obvodová reprezentace

Grafové gramatiky



Přepisovací pravidlo, kolečka jsou terminály, čtverce neterminály

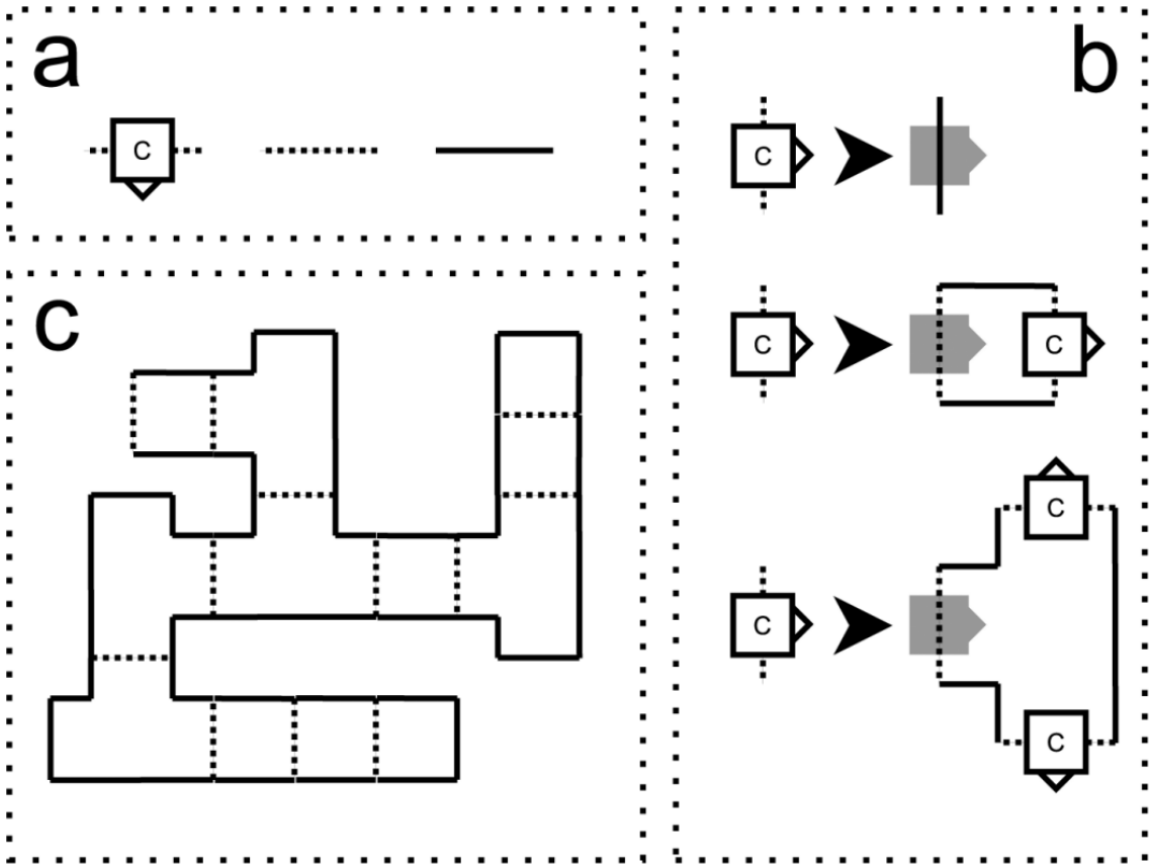
Grafové gramatiky



Přepis pravidla, vygenerování konkrétního obsahu a/nebo propojení může být definované, nebo náhodné.

Grafové gramatiky

Triviální gramatika



Příklady

- Elite (1984)
- SpeedTree (2001)
- Dwarf Fortress (2006)
- Terraria (2011)
- No man's sky (2016)
- Dead Cells (2018)

Evolving světy

Příklad: Dwarf Fortress, No Man's Sky, RimWorld, The Sims

- Svět se vyvíjí i bez hráče.
- NPC interagují mezi sebou, svět „žije“ nezávisle na hráči.

Evolving world

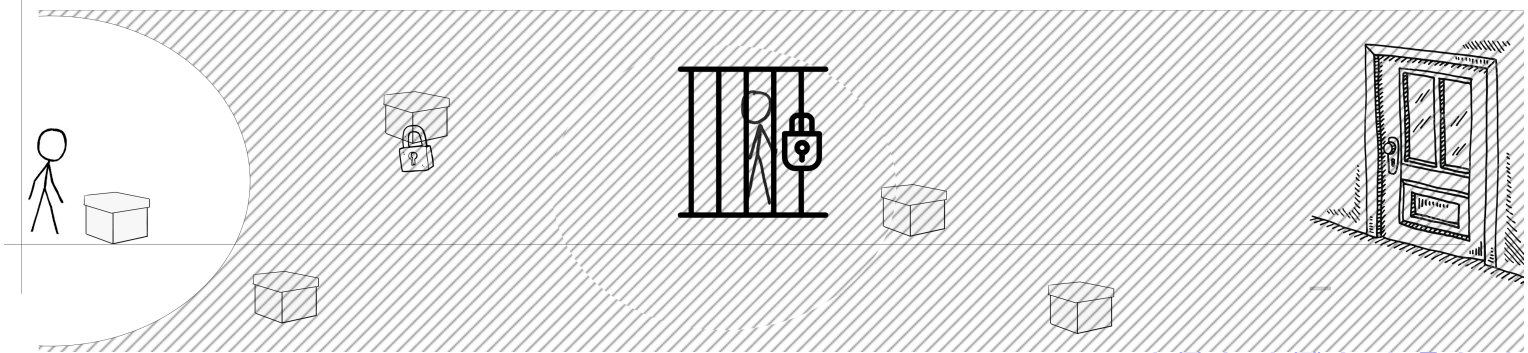
Vyvíjející se svět je ovlivňován nejen samotným hráčem, ale i časem.

S přidáním času jako faktoru je vytvořena zcela nová dimenze umožňující změnu.

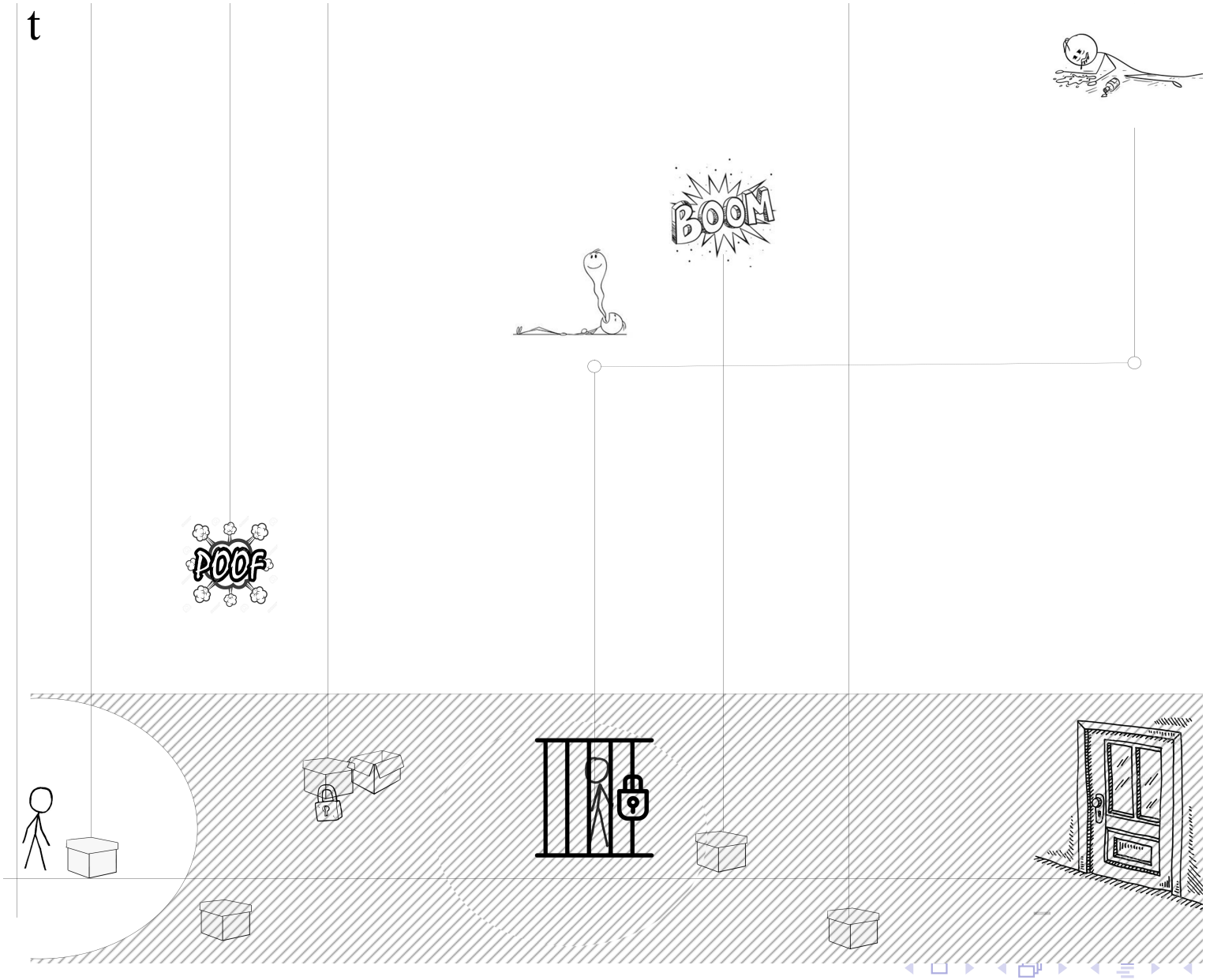
- NPC postavy se mohou dopouštět vlastních akcí
- změna množství surovin
- změna podoby světa
- změny ve světě nemusí byt napořád
- atd.

Příklad

t



Příklad



Evolving world

Vyvíjející se svět je ovlivňován nejen samotným hráčem, ale i časem.

- ⊖ změny můžou být neočekávatelné
- ⊖ časové okno (za 3 dny večer)
- ⊕ svět začíná \žít"
- ⊕ svět působí věrohodněji
- ⊖ Role hráče se může zdát jako umenšená, pořád je ale klíčová

Evolving Independent World

- Vyvíjející se svět je ovlivňován nejen samotným hráčem, ale i časem.
- Ke své změně však hráče *nepotřebuje* a často si vystačí i sám.
- Svět je v omezené míře simulován.
  - Reálně
  - Statisticky
- Sandbox (Babylon[Lau16])

Evolving Independent World

Vyvíjející se svět je ovlivňován nejen samotným hráčem, ale i časem a sebou samým.

Změny ve světě

- pozice postav ve světě (cestující obchodníci, lodě, ...)
- dostupnost postav
- přístupnost úkolů
- dostupnost zboží, atp.
- (mikro) ekonomika
- změny ve světě nemusí byt napořád, obvykle cyklické
- změny musí správně reagovat na hráče
- ...

Evolving Independent World

To, že se věci \dějí samy" může být i pro hráče i nepříjemné - např. dlouho nevyřešený quest se \vyřeší" sám.

Komplikované je nastavení například ekonomiky, především v hrách na ni se více soustředících (X^2: Threat, X^3: Reunion, atp.).

Evolving Independent World

Výsledky hračovo akcí mohou být někdy zcele neočekávané a mohou pracně vytvořený systém rozbít.
Parkan I a II (vesmírná simulace):

- Lodě létají na palivo
- Palivo se těží na planetách
- Palivo se nachází v kontejnerech na lodích i planetách
- Obchodníci směňuji palivo za zboží
- Zboží se vyrábí dle potřebnosti
- Zboží se bere ze zničených lodi pirátů
- Piráti se vytváří na základnách
- Základny je možné zničit

Evolving Independent World

Výsledky hračovo akcí mohou být někdy zcele neočekávané a mohou pracně vytvořený systém rozbít.
Parkan I a II (vesmírná simulace):

- Lodě létají na palivo
- Palivo se těží na planetách
- Palivo se nachází v kontejnerech na lodích i planetách
- Obchodníci směňuji palivo za zboží
- Čím je zboží méně, tím je dražší
- Čím je zboží více, tím je levnější
- Když hráč prodá obří množství vybavení, jeho cena prudce klesne
- Obchodník chce prodat, nemá dost velký výdělek aby odletěl, zastaví se a nemůže odletět

(Open) World

Při vytváření (otevřeného) světa jsou v zásadě dva možná přístupy:

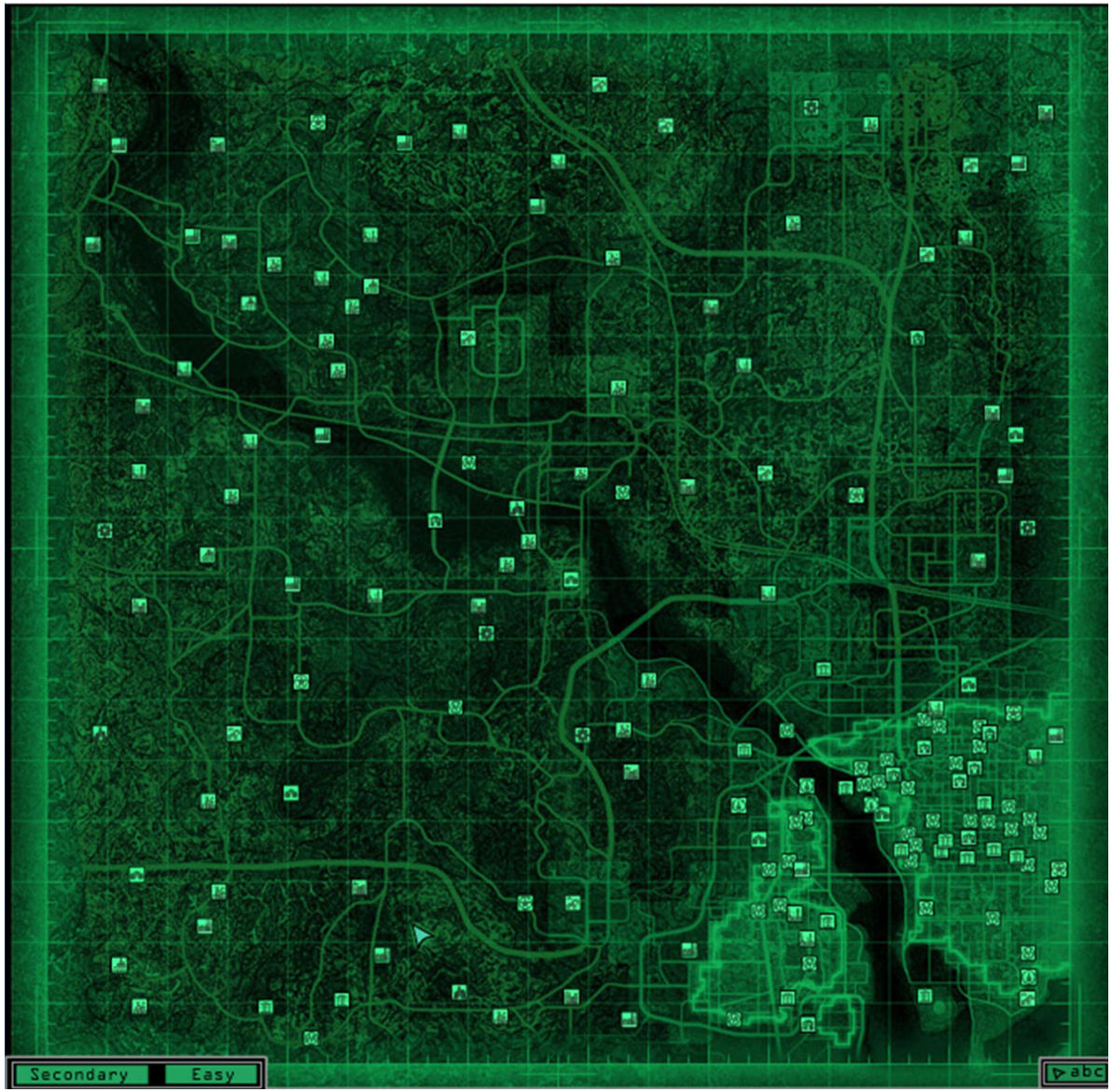
1. Otevřený, propojený svět v kterém jsou rozesety města, jeskyně, střetnutí a další zajímavé lokace (ala Elder scrolls)
2. Shluk několika oblastí (modulů, scén), navzájem značně odlišných vizuálně i příběhem (ala Baldurs Gate)

Open world

Propojený svět

- Umožňuje přirozenější umístění objektů ve světě
- Více immersivní, realistický
- Umožňuje lehčí vytvoření \velkého příběhu"
- Mohou (musí) vzniknout rozsáhlá \nárazníková" pásma (Fallout 3)
- Lehčí po stránce vývoje
- Struktura tvorby je **svět + střetnutí**

Open world



Open world

Shluk modulů (patchwork)

- Umožňuje vytvoření zvláštních narativů pro každou oblast
- Lokálnější, ale komplexnější příběhy
- Mezi oblastmi je typicky netriviální přechod, existují hranice
- Triviální přechod do drasticky jiných terénů
- Náročnější po stránce vývoje
- Struktura tvorby dána strukturou a podobou jednotlivých **modulů**

Konec

Dotazy?


David Adams et al.
Automatic generation of dungeons for computer games.
Bachelor thesis, University of Sheffield, UK. DOI= http://www. dcs. shef. ac. uk/intranet/teaching/projects/archive/ug2002/pdf/u9da. pdf, 2002.


Dan Ashlock, KM Bryden, and SP Gent.
Creating spatially constrained virtual plants using l-systems.
Smart Engineering System Design: Neural Networks, Evolutionary Programming, and Artificial Life, pages 185–192, 2005.


Smith A. M. a M. Mateas.
Answer set programming for procedural content generation: A design space approach.
IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games, 3(3):187–200, 9 2011.


Miguel Cepero.

Hello worley.
online, 2011.


Joris Dormans and Sander Bakkes.
Generating missions and spaces for adaptable play experiences.
IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games, 3(3):216–228, 2011.


Andrew Doull.
The death of the level designer.
ASCII Dreams: A roguelike developer's diary, 2008.


Why is this procedural content generation while that other isn't?
In *Game Development Stack Exchange*.


Mark Hendrikx, Sebastiaan Meijer, Joeri Van Der Velden, and Alexandru Iosup.
Procedural content generation for games: A survey.
ACM Trans. Multimedia Comput. Commun. Appl., 9(1):1:1–1:22, February 2013.


Georgios N. Yannakakis a Julian Togelius Johnson, Lawrence.
Cellular automata for real-time generation of infinite cave levels.
In *Proceedings of the 2010 Workshop on Procedural Content Generation in Games*, PCGames '10, pages 10:1–10:4, New York, 2010. ACM.


Daniel Laube.
Babylon: Samoorganizující se parametrický model starověkého města.
Bakalářská práce, České vysoké učení technické, Fakulta informačních technologií, Praha, 2016.


Aristid Lindenmayer.
Mathematical models for cellular interactions in development ii. simple and branching filaments with two-sided inputs.
Journal of theoretical biology, 18(3):300–315, 1968.


Paul Martz.
Generating random fractal terrain [online].

[cit. 2017-12-16].


Maxim Mozgovoy.
Algorithms, Languages, Automata, and Compilers: A Practical Approach: A Practical Approach.
Jones & Bartlett Learning, 2009.


Procedural content generation wiki.
2019.


Yoav IH Parish and Pascal Müller.
Procedural modeling of cities.
In *Proceedings of the 28th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, pages 301–308, 2001.


Jan Rekers and A Schurr.
A graph grammar approach to graphical parsing.
In *Proceedings of Symposium on Visual Languages*, pages 195–202. IEEE, 1995.


Noor Shaker, Julian Togelius, and Mark J. Nelson.

Procedural Content Generation in Games: A Textbook and an Overview of Current Research.
Springer, 2016.



Petra Svickova.
Parametricky vygenerovaný 3D model hradu.
Bakalářská práce, České vysoké učení technické, Fakulta informačních technologií, Praha, 2019.

Bibliography