

Modélisation des transports

pour une planification durable de la mobilité urbaine,
même dans des environnements où les données sur la
mobilité sont insuffisantes et/ou rares

04 avril

Cette formation est proposée par



Donateurs:



En collaboration avec :

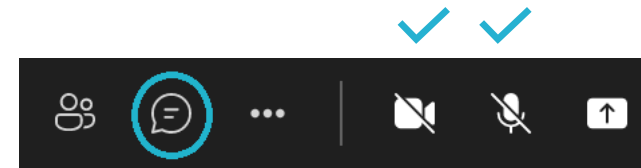


En savoir plus sur le partenariat MobiliseYourCity et nos offres de formation reproductibles : www.mobiliseyourcity.net/fr

Quelques remarques générales sur cette session



Assurez-vous que votre micro et votre camera sont éteints



Cette session sera enregistrée. Vous n'apparaitrez pas dans l'enregistrement si votre caméra est éteinte.



Ecrivez vos questions dans le chat, nous les poserons pendant les questions-réponses à la fin de la session.

Objectifs de la session

- Comprendre **ce qui peut être attendu de la modélisation de la mobilité urbaine** : objectifs, nature, méthodes, limites...
- Offrir des perspectives sur la manière de choisir **l'approche de modélisation la plus adaptée au contexte**, en particulier lorsque les données sont rares.

Contenu

1

Mot de bienvenue et règles

2

Exercice d'échauffement

3

Qu'est-ce que la modélisation des transports et quelles en sont les principales utilisations ?

4

Présentation des différents modèles de planification des transports

5

Méthodologie classique et points de vigilance

6

Comment modéliser les transports avec des données insuffisantes ou rares ?

7

Questions, Feedback et au revoir

Intervenants



Vincent Lichère

Directeur

Suez Consulting Mobilités



Nicolas Cruz Gonzalez

Expert en mobilité durable

Secrétariat de MobiliseYourCity

Developing Sustainable Urban Mobility Plans

Guidelines for MobiliseYourCity geographies



Le guide pour les PMUD de MobiliseYourCity

Quelles sont les spécificités du guide PMUD de MobiliseYourCity ?



Réaliser une évaluation de l'état de préparation



Fixer des objectifs en faveur de l'atténuation du changement climatique et de l'adaptation à celui-ci



Exploiter au mieux le potentiel de l'innovation et des technologies numériques



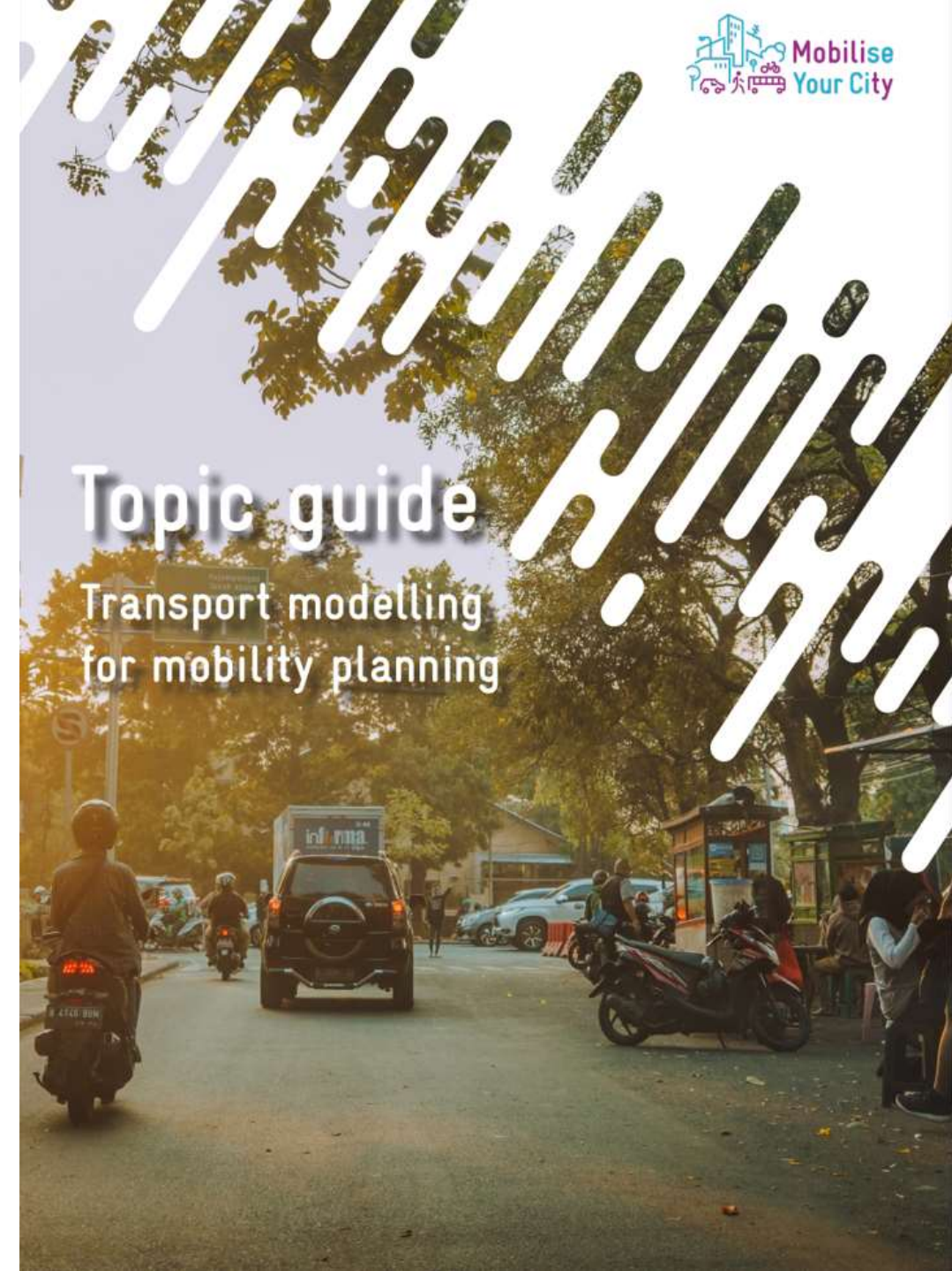
Mettre en place des observatoires de la mobilité durable pour le suivi et l'évaluation du PMUD.



Les lignes directrices sont intégrées dans un système solide de soutien aux villes

Modélisation des transports pour la planification de la mobilité

- ✓ Qu'est-ce qu'un modèle de transport ?
- ✓ Pourquoi élaborer un modèle de transport ?
- ✓ Types de modèles de transport
- ✓ Comment élaborer un modèle de transport pour le développement du PMUD ?



2

Mise en train

Mise en train

Aller vers
app.klaxoon.com

HDWNF72

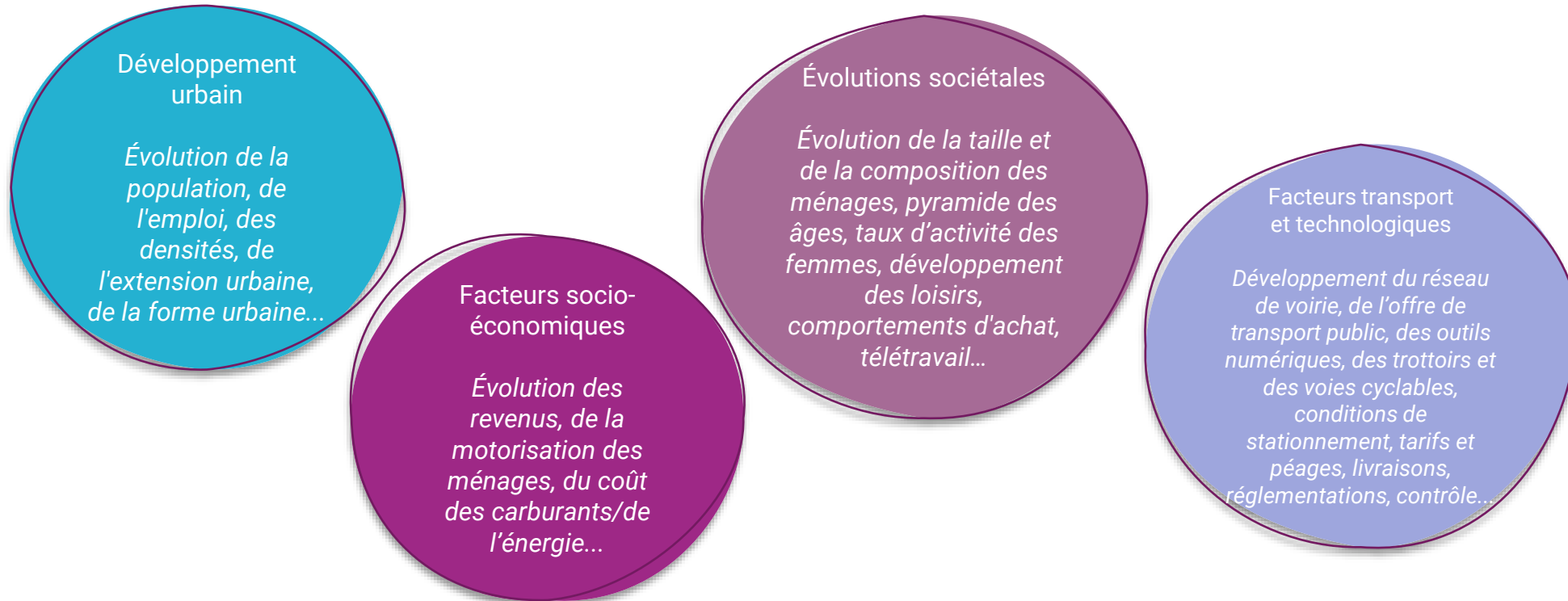
app.klaxoon.com/join/HDWNF72



<https://app.klaxoon.com/join/HDWNF72>

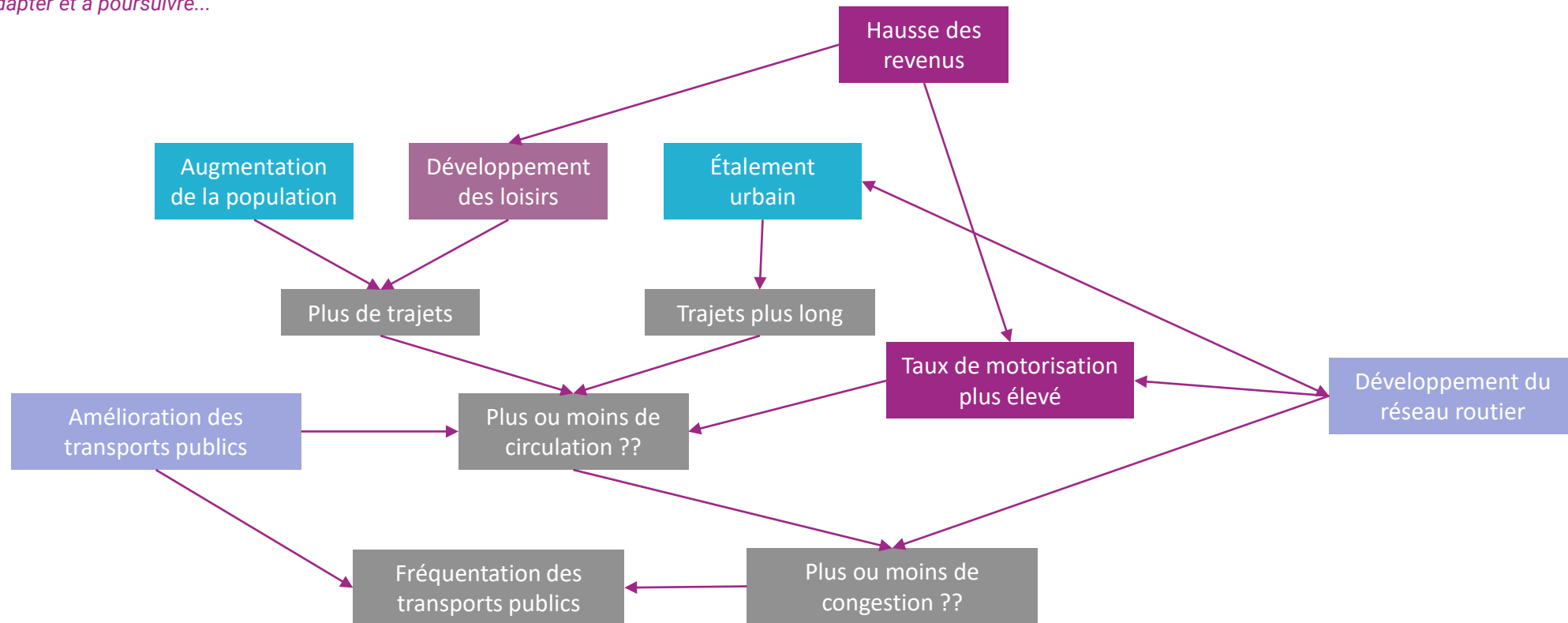


Les causes du changement de la mobilité



Exemple de logigramme de cause à effet

A adapter et à poursuivre...



Qu'est-ce que la modélisation des transports et quels en sont les principaux usages ?

Définition de la modélisation des transports

Objectifs de la modélisation des transports

Processus de modélisation

Modélisation des transports : de quoi parlons-nous ?

Définition dans le contexte de cette formation :

→ Méthodes et outils d'estimation des déplacements urbains ...

C'est-à-dire le nombre de personnes se déplaçant dans une ville, éventuellement par période de temps, par origine et/ou destination, par mode de transport, par motif de déplacement, ou sur un mode de transport ou une infrastructure spécifique...

→ ... dans des situations qui ne peuvent être directement observées ...

Généralement dans le futur, et/ou avec des évolutions dans la situation démographique/économique, et/ou des changements dans le système de transport, etc.

→ ... pour les besoins de la gestion de la mobilité urbaine ou de la planification des transports.

Ex : Plans de mobilité urbaine, conception de systèmes de transport, plans de circulation, etc.

Objectifs de la modélisation des transports

Prévoir les besoins de transport pour élaborer des politiques de mobilité

Combien de déplacements dans la ville en 2035, d'un point à un autre ?

Évaluer les politiques de transport

Combien de passagers par jour, par an ? Changements de mode, gains de temps, véhicules-kilomètres retirés de la voirie, gains d'émissions de gaz à effet de serre et de polluants...

Dimensionner les services et les infrastructures de transport

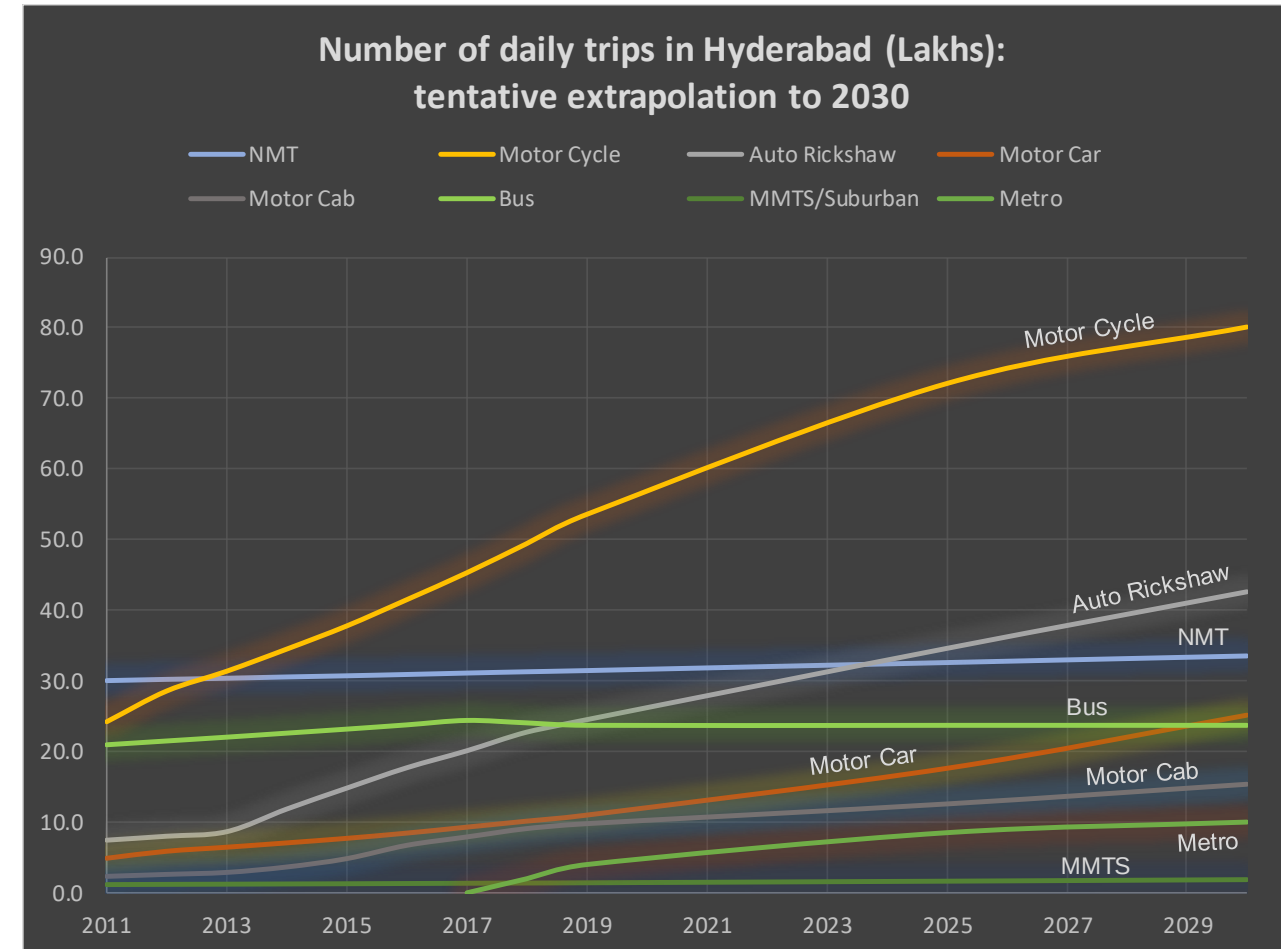
Combien de véhicules ou de passagers par heure et par sens ?

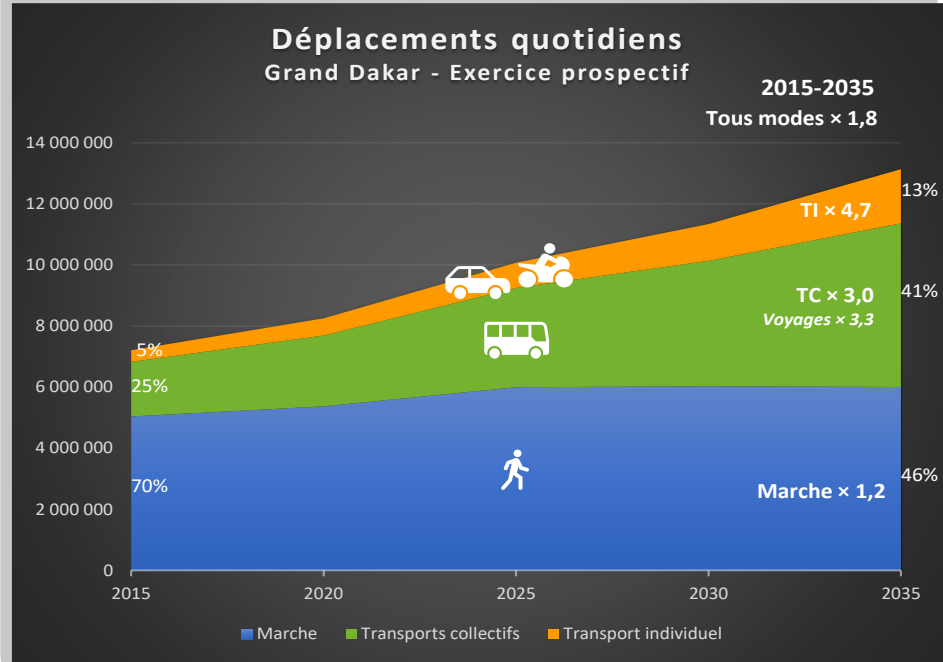
Reconstituer une situation passée ou présente lorsque les données sont manquantes

Exemples d'utilisation des modèles de transport

"Diagnostic prospectif" dans un scénario d'inaction à Hyderabad, en Inde

Extrapolation des tendances antérieures (population, taux de mobilité, véhicules immatriculés, fréquentation des transports publics...) pour montrer à quoi cela mènerait.





Suez Consulting pour le CETUD

Même approche associée à un modèle détaillé montrant des niveaux de congestion inacceptables si rien n'est fait.



Graphique d'affectation des modèles : SETEC pour le CETUD

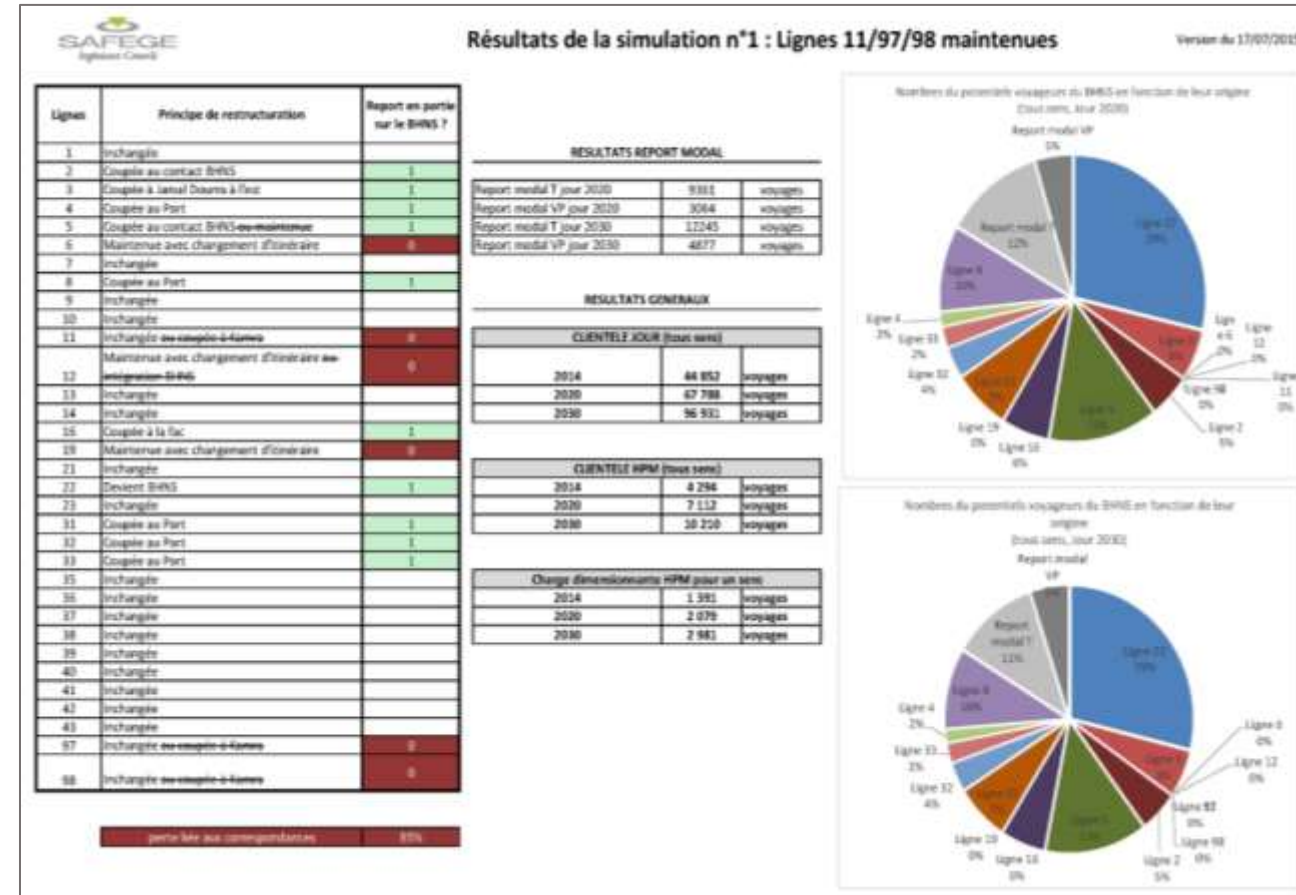
Le "diagnostic prospectif" dans un scénario d'inaction à Dakar, au Sénégal

Exemples d'utilisation des modèles de transport

Exemples d'utilisation des modèles de transport

Test de scénarios de restructuration des bus autour du Bus à Haut Niveau de Service à Agadir, Maroc

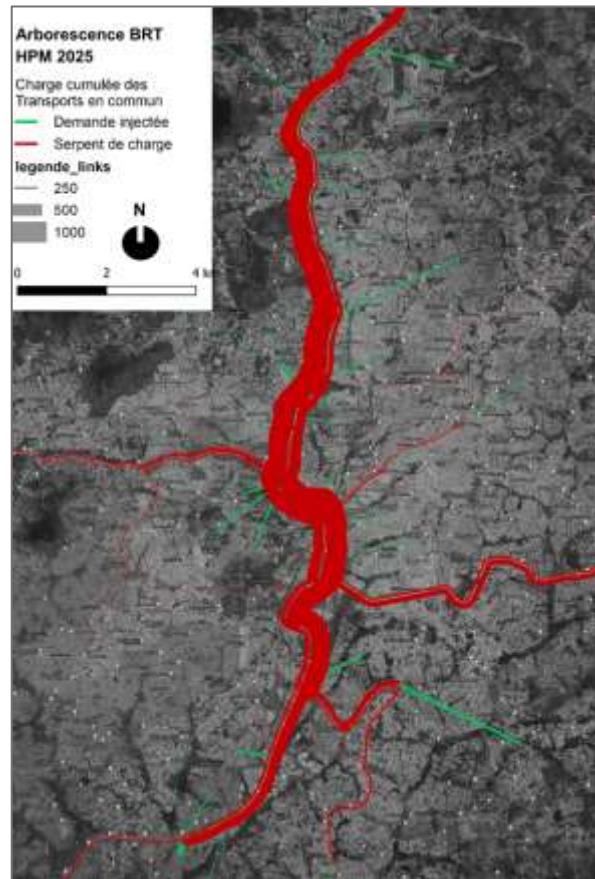
Suez Consulting for AFD



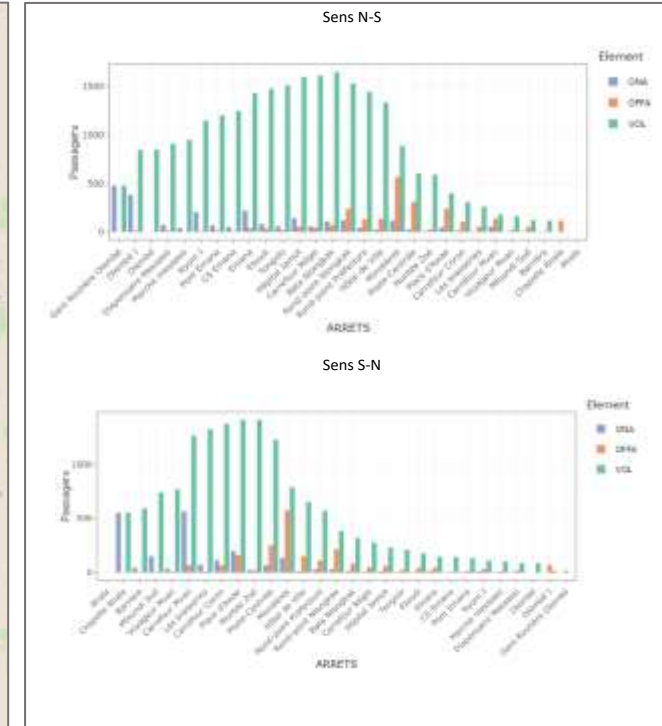
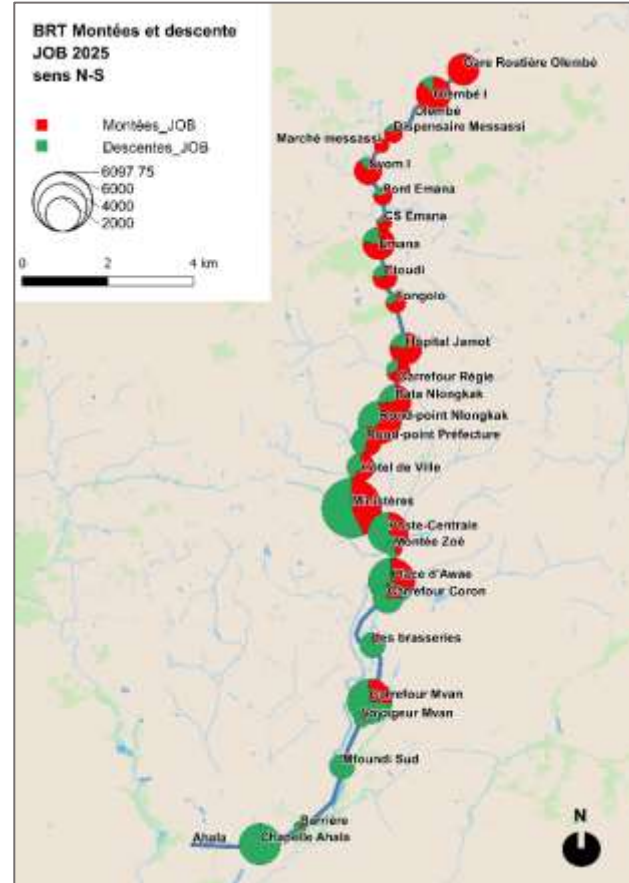
Évaluer la fréquentation potentielle d'une ligne de transport en commun sur la base de la fréquentation des lignes de bus existantes

Exemples d'utilisation des modèles de transport

Conception et dimensionnement du « Bus Rapid Transit » à Yaoundé, Cameroun



Transamo for AFD/EU



Utilisation d'un modèle de transport complet basé sur une enquête sur la mobilité des ménages

Exemples d'utilisation des modèles de transport

Évaluation des politiques tarifaires à Casablanca, Maroc



Utilisation d'un modèle de transport public combiné à un modèle financier

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	203
Charges d'exploitation															
VII. Rémunération de l'exploitant (Dh HT Constant 17 - TVA 20%)															
T1	206 095 628.33	142 537 575.21	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T1 modifiée / T2	53 063 729.48	206 733 135.63	210 062 912.00	215 278 134.05	217 024 335.43	215 863 244.32	226 089 915.15	225 667 094.85	250 472 279.22	253 006 704.71	249 849 638.62	249 849 638.62	249 849 638.62	249 849 638.62	249 849 638.62
Actuelle T3 (rémunération des anciennes T4 et T5 calée sur le calendrier de l'ancienne T3)	0.00	0.00	9 375 003.32	45 960 276.83	45 226 675.94	49 251 548.91	50 144 624.24	51 699 533.12	53 581 121.19	53 581 121.19	53 581 121.19	53 581 121.19	53 581 121.19	53 581 121.19	53 581 121.19
Actuelle T4 (rémunération de l'ancienne T3 calée sur le calendrier de l'ancienne T4)	0.00	0.00	0.00	0.00	150 718.25	32 197 462.84	45 489 436.94	48 513 909.14	50 627 698.97	51 121 861.58	53 423 725.39	54 967 064.76	54 928 294.86	54 928 294.86	54 928 294.86
L5	356 119.08	20 067 369.94	22 429 089.68	25 061 228.10	26 173 147.85	26 289 460.90	26 174 406.67	26 543 187.35	26 746 109.95	26 253 602.48	26 153 952.25	26 153 952.25	26 153 952.25	26 153 952.25	26 153 952.25
L6	0.00	177 010.55	14 477 435.37	18 263 615.07	20 325 317.13	20 790 463.07	20 902 861.45	21 186 873.27	20 986 679.24	20 960 171.34	20 886 017.67	20 886 017.67	20 886 017.67	20 886 017.67	20 886 017.67
Total rémunération exploitant	206 095 628.33	195 957 423.77	226 977 516.12	256 344 440.37	304 563 254.04	308 900 194.61	344 392 180.03	368 801 244.45	373 610 597.73	402 413 888.56	404 923 461.30	403 894 455.12	405 437 794.49	405 399 024.59	405 399 024.59
VIII. Rémunération de l'exploitant révisée (Taux d'indexation) (Dh TTC Courant - TVA 20%)															
T1	247 314 753.99	171 045 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T1 modifiée / Ligne T2	63 676 000	253 041 000	262 259 000	274 146 000	281 897 000	285 997 000	305 537 000	311 065 000	352 162 000	362 840 000	365 478 000	372 788 000	380 244 000	387 849 000	387 849 000
T3	0	0	0	11 705 000	58 528 000	58 746 000	65 253 000	67 765 000	71 264 000	75 335 000	76 841 000	78 378 000	79 946 000	81 545 000	83 175 000
T4	0	0	0	0	196 000	42 658 000	61 474 000	66 873 000	71 182 000	73 314 000	78 148 000	82 014 000	83 595 000	85 267 000	86 938 000
L5	427 000	24 562 000	28 002 000	31 914 000	33 997 000	34 831 000	35 372 000	36 588 000	37 605 000	37 651 000	38 258 000	39 023 000	39 803 000	40 600 000	41 417 000
L6	0	217 000	18 075 000	23 258 000	26 401 000	27 545 000	28 248 000	29 204 000	29 507 000	30 059 000	30 552 000	31 163 000	31 786 000	32 422 000	33 070 000
Total rémunération exploitant	247 314 754	235 148 000	277 820 000	320 041 000	387 846 000	401 237 000	456 284 000	498 396 000	514 994 000	565 791 000	580 705 000	590 814 000	604 934 000	616 973 000	629 313 000
VIII. Autres charges d'exploitation (Dh TTC Courants/inflatis- TVA 20%)															
Energie (Lydec)	28 169 370	31 000 000	46 523 000	56 356 000	70 637 000	81 365 000	97 064 000	99 957 000	103 059 000	106 167 000	109 254 000	114 302 000	117 731 000	113 841 000	117 256 000
Vandalisme	2 000 000	1 000 000	1 501 000	1 818 000	2 279 000	2 625 000	3 131 000	3 224 000	3 324 000	3 425 000	3 524 000	3 687 000	3 798 000	3 672 000	3 782 000
Achat Supports	12 398 491	14 000 000	7 390 000	8 236 000	9 460 000	11 806 000	14 919 000	18 115 000	21 410 000	22 361 000	23 308 000	24 354 000	25 378 000	26 507 000	27 680 000
Convention sécurité Police	3 996 014	5 000 000	7 504 000	9 090 000	11 393 000	13 123 000	15 656 000	16 122 000	16 622 000	17 124 000	17 622 000	18 436 000	18 989 000	18 361 000	18 912 000
Parking Relais	520 973	645 828	969 000	1 174 000	1 472 000	1 695 000	2 022 000	2 082 000	2 147 000	2 212 000	2 276 000	2 381 000	2 453 000	2 372 000	2 443 000
Charges d'exploitation complémentaires	3 250 251	5 951 968	6 131 000	6 314 000	6 504 000	6 699 000	6 900 000	7 107 000	7 320 000	7 540 000	7 766 000	7 999 000	8 239 000	8 486 000	8 741 000
Total autres charges	50 335 099	57 597 796	70 018 000	82 988 000	101 745 000	117 313 000	139 692 000	146 607 000	153 882 000	158 829 000	163 750 000	171 159 000	176 588 000	173 239 000	178 814 000
Total Charges d'exploitation (Dh TTC Courant/inflatis- TVA 20%)															
T1	297 649 853	292 319 000	317 417 000	327 554 000	339 604 000	349 597 000	355 311 000	378 270 000	387 473 000	430 915 000	444 167 000	449 418 000	459 391 000	465 079 000	475 414 000
T1 modifié / T2	0	0	0	11 705 000	71 388 000	84 110 000	91 324 000	95 117 000	100 004 000	105 141 000	107 390 000	112 101 000	114 739 000	116 798 000	118 857 000
T3	0	0	0	0	0	230 000	62 153 000	81 941 000	88 267 000	93 262 000	96 082 000	101 605 000	106 216 000	109 020 000	111 510 000
L4	427 000	30 204 000	43 628 000	46 104 000	47 237 000	48 399 000	50 258 000	51 700 000	52 204 000	53 277 000	54 519 000	55 005 000	56 291 000	57 577 000	58 863 000
L6	0	217 000	24 090 000	34 972 000	38 508 000	39 951 000	41 275 000	42 874 000	43 602 000	44 612 000	45 571 000	46 659 000	47 988 000	49 463 000	51 083 000
Total	297 649 853	292 746 000	347 838 000	403 030 000	489 592 000	518 549 000	595 976 000	645 002 000	668 876 000	724 620 000	744 455 000	761 972 000	781 524 000	790 212 000	808 126 000

VDVH and Suez Consulting for CasaTransports

Que cherchons-nous à modéliser ? Facteurs ayant un impact sur la mobilité urbaine

De nombreux facteurs, pas tous modélisables, d'autant plus que l'on parle de... comportement humain !



Structure urbaine



Changements
socio-
économiques ou
culturels



Modes de
vie
individuel



Conditions de
transport et
infrastructures

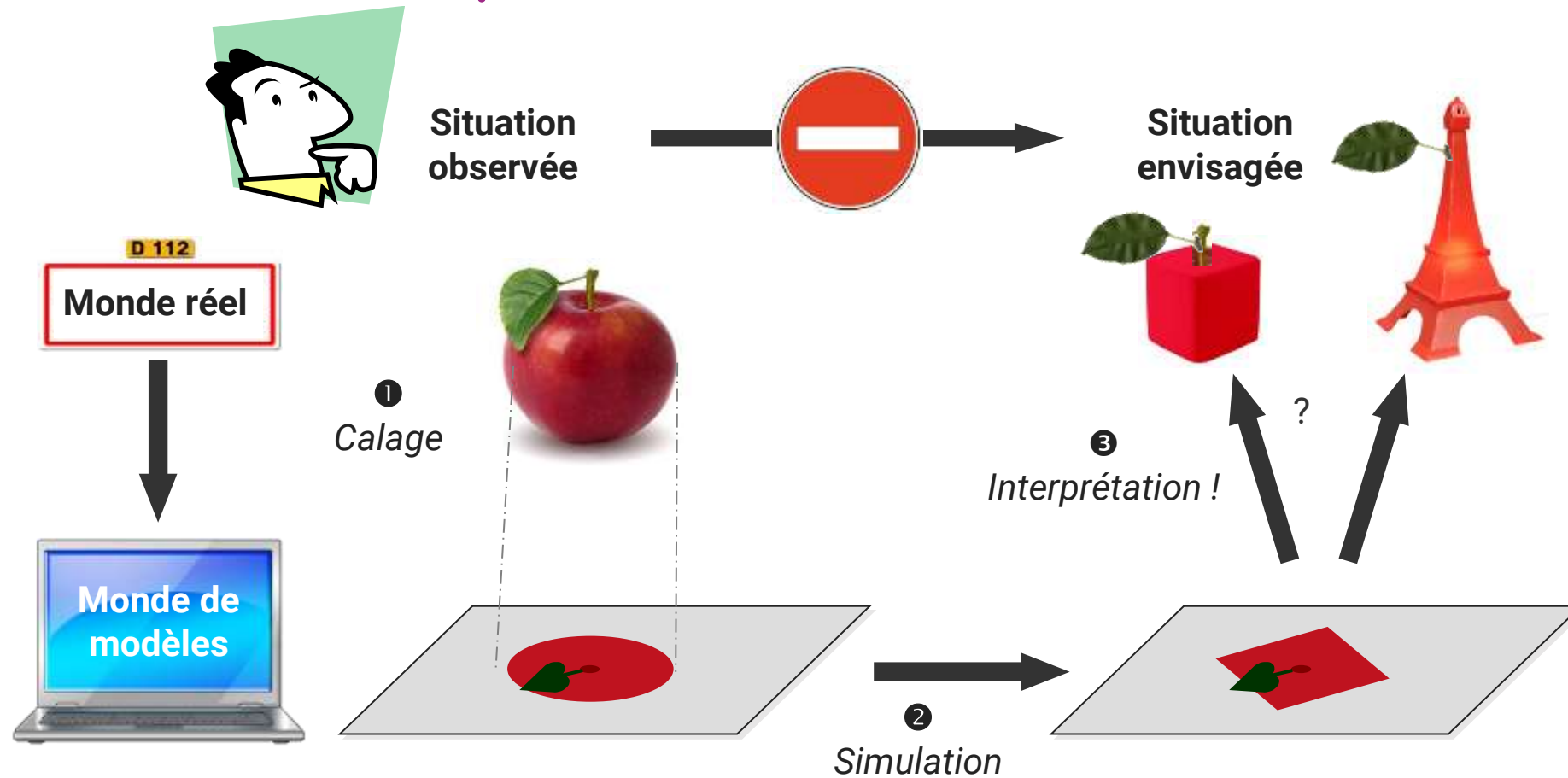


Tarifs et coûts
des transports



Nouvelles
technologies, telles
que la "mobilité
numérique" ...

Le processus de modélisation



A retenir

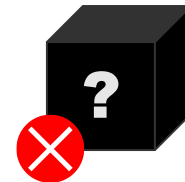
Il n'y a **pas de modèle universel**.



Un modèle de comportement humain est **forcément partiel**.

Nous ne faisons pas de prévisions mais des **simulations**, basées sur des hypothèses et une représentation simplifiée de la réalité.

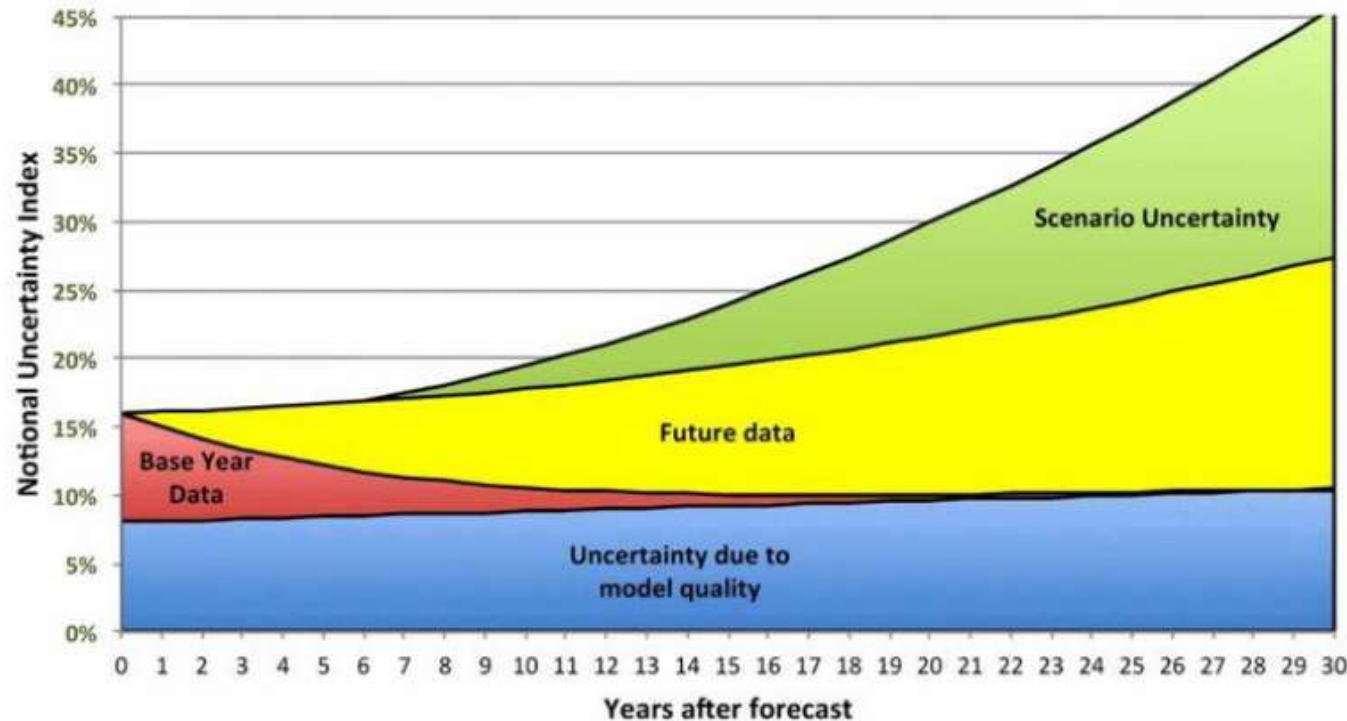
L'interprétation des résultats est un élément-clé du processus. Elle n'est possible que si le modèle n'est pas une "boîte noire".



Il est recommandé de **combiner différentes approches** (modèle + calculs simplifiés + retour d'expérience + bon sens, etc.) afin de **recouper les résultats et d'inclure les facteurs qui n'ont pas pu être modélisés**.

La question des intervalles de confiance ...

Notional sources of uncertainty in forecasting



L'incertitude est omniprésente dans le processus (enquêtes, conception du modèle, hypothèses, définition des tests...).

La réalité de la mobilité elle-même est très variable, et les meilleures enquêtes n'en donnent qu'une image instantanée.

Cependant, bien utilisés, les modèles sont utiles et nécessaires !

Source: Willumsen, Luis G. (2015). 'Dealing with Uncertainty in Demand Modelling and Forecasting', présenté à la conférence du New Zealand Modelling User Group, Auckland, 10 septembre 2015

Modèle vs. logiciel

Ne pas confondre :

- Le **modèle** (l'approche, les méthodes, les données...)
- Le **logiciel** qui peut être utilisé pour mettre en œuvre le modèle



Il existe plusieurs **logiciels spécialisés** pour la représentation (codage) des **réseaux de transport**, la simulation des **choix d'itinéraires** (affectation) et comprenant des boîtes à **outils pour modéliser les choix de mobilité** (se déplacer ou non ? pour aller où ? par quel mode de transport ?)

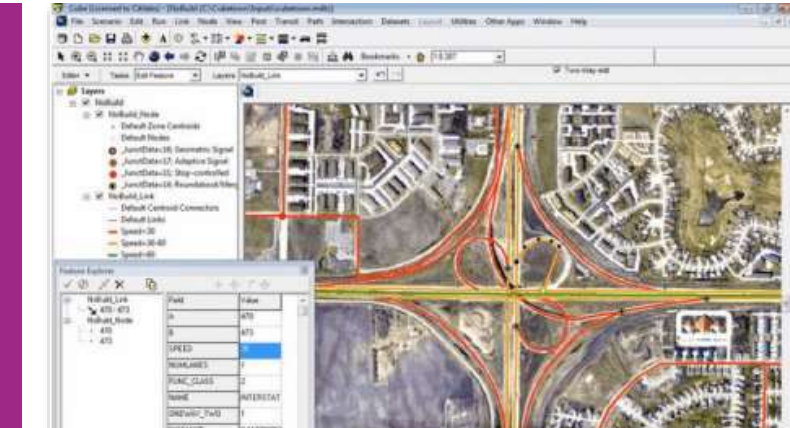


La modélisation des transports utilise généralement des outils logiciels, mais il s'agit largement d'une question de savoir-faire, de capacité à adapter la méthode aux objectifs d'un projet spécifique et aux données disponibles.

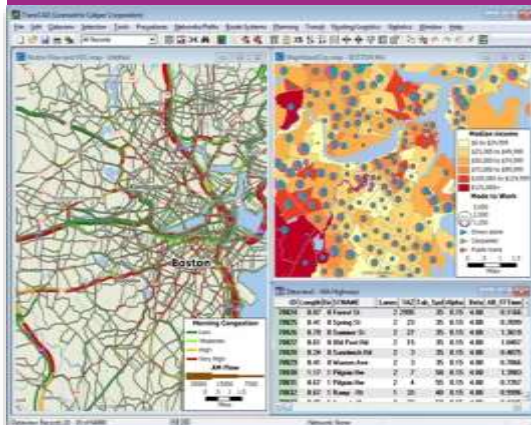
Modèle vs. logiciel

Logiciels de modélisation les plus courants pour la planification des transports :

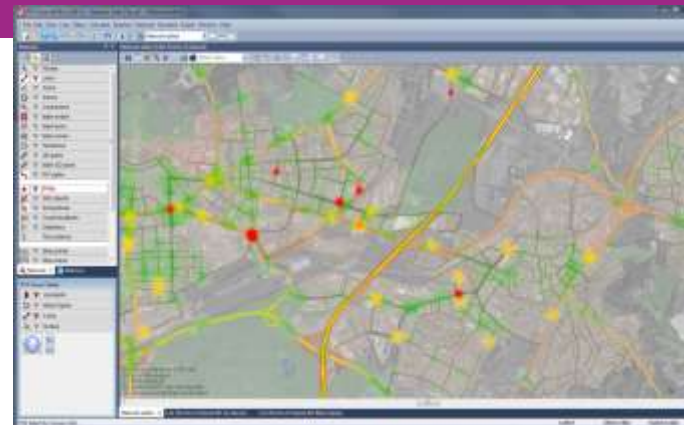
- **VISUM** (PTV, Allemagne)
- **CUBE** (Citilabs/Bentley, USA-Royaume-Uni)
- **EMME** (INRO, Canada)
- **TransCAD** (Caliper, USA)



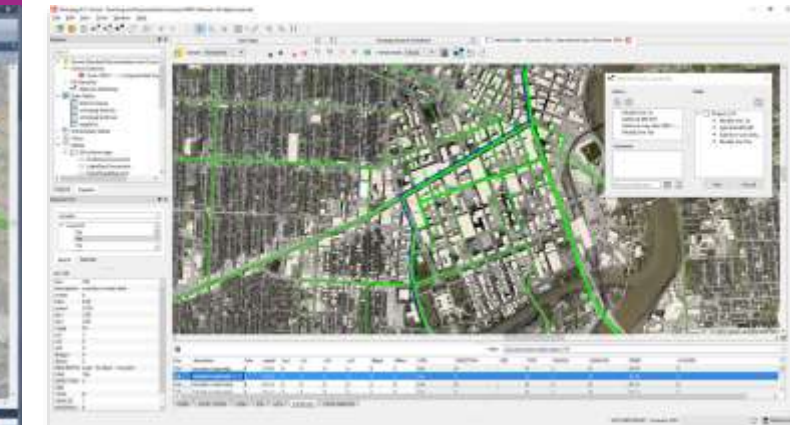
CUBE



TransCAD



VISUM



EMME

Présentation de différents modèles de planification des transports

Modèles macro/stratégiques

Modèles monomodaux

Modèles multimodaux

Modèles dédiés / de préférences
déclarées

Modèles micro/dynamiques

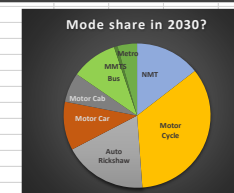
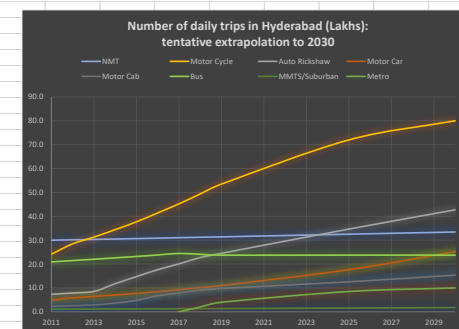
Modèles macro/stratégiques

Hyderabad
Étude sur les corridors de transport public
Suez Consulting pour l'AFD

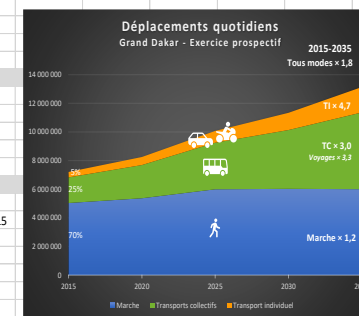
Dakar
Plan de Mobilité Urbaine Durable
Suez Consulting pour le CETUD

Approches basées sur des feuilles de calcul, utilisées seules ou en combinaison avec des modèles détaillés
Essentielles pour avoir une vision d'ensemble et permettre des vérifications croisées. Basé sur des indicateurs globaux, ou par grandes zones, de population, de mobilité, de taux de motorisation, etc. et sur l'explicitation des hypothèses.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2025	2030
Population (Lakhs) GHMC	68.1	69.9	71.7	73.6	75.5	77.5	79.6	81.7	83.8	98	111.5
Vehicles (Lakhs)											
Motor Cycle	21.1	24.91	27.36	30.1	32.97	36.22	39.55	43.17	46.79	63.0	70
Auto Rickshaw	0.91	0.98	1.06	1.46	1.83	2.19	2.49	2.82	3.04	4.3	5.3
Motor Car	4.81	5.8	6.37	6.98	7.62	8.36	9.2	10.05	10.9	17.5	25
Motor Cab	0.33	0.37	0.41	0.52	0.69	0.96	1.13	1.3	1.4	1.8	2.2
Bus	0.22	0.24	0.27	0.28	0.29	0.3	0.31	0.32	0.35		
Goods	1.48	1.62	1.78	2.06	2.26	2.54	2.86	3.3	3.56		
Others	0.86	0.92	0.98	1.49	1.8	2.19	2.71	3.31	3.58		
Total	29.71	34.84	38.23	42.89	47.46	52.76	58.25	64.27	69.62		
Daily individual mobility GHMC (2011: CTS 6-13*6-14)											
NMT	0.44	0.43	0.42	0.41	0.41	0.40	0.39	0.38	0.37	0.33	0.30
Motor Cycle	0.35	0.41	0.44	0.47	0.50	0.53	0.57	0.60	0.64	0.73	0.72
Auto Rickshaw	0.11	0.11	0.12	0.16	0.20	0.23	0.25	0.28	0.29	0.35	0.38
Motor Car	0.07	0.08	0.09	0.10	0.10	0.11	0.12	0.12	0.13	0.18	0.23
Motor Cab	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14
Bus	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.29	0.28	0.24	0.21
MMTS/Suburban	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Metro	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.09	0.09
Total	1.33	1.40	1.43	1.51	1.59	1.68	1.75	1.83	1.90	2.07	2.08
Number of daily trips (Lakhs)											
NMT	30.0	30.1	30.3	30.5	30.6	30.8	31.0	31.2	31.4	32.5	33.4
Motor Cycle	24.1	28.5	31.3	34.4	37.7	41.4	45.2	49.4	53.5	72.0	80.0
Auto Rickshaw	7.3	7.9	8.5	11.8	14.7	17.6	20.1	22.7	24.5	34.7	42.7
Motor Car	4.8	5.8	6.4	7.0	7.7	8.4	9.3	10.1	11.0	17.6	25.2
Motor Cab	2.3	2.6	2.9	3.6	4.8	6.7	7.9	9.1	9.8	12.6	15.4
Bus	20.9	21.5	22.0	22.6	23.2	23.8	24.4	24.1	23.7	23.7	23.7
MMTS/Suburban	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.6	1.8
Metro							0.0	2.0	4.0	8.5	10.0
Total	90.6	97.5	102.6	111.1	120.0	130.0	139.2	149.9	159.2	203.2	232.2
	38.6	44.8	49.1	56.8	64.9	74.2	82.4	91.3	98.8	136.9	163.3



Année	2000	2015	2019	2022	2025	2030	2035
Population							
Dakar		1 190 441	1 278 599	1 344 718	1 431 243	1 455 803	1 481 331
Guédiawaye		336 817	343 698	348 859	354 229	355 292	356 361
Pikine		1 219 272	1 297 939	1 356 939	1 431 812	1 469 952	1 510 431
Rufisque		517 292	692 367	927 333	1 325 893	1 791 747	2 415 705
Total	2 143 039	3 263 822	3 612 603	3 977 849	4 543 177	5 072 794	5 763 828
Population 11 ans et plus	1 072 902	2 140 713	2 371 514	2 615 322	2 991 623	3 368 993	3 902 731
Taux de 11 ans et plus		65.6%	65.6%	65.7%	65.8%	66.4%	67.7%
Véhicules des ménages (VP+2RM)							
Dakar		80 531					
Guédiawaye		5 527					
Pikine		17 469					
Rufisque		11 618					
Total	41 938	115 145	156 654	197 338	248 589	365 259	536 686
Déplacements de semaine							
Marche	1 915 800	5 038 800	5 280 896	5 547 636	6 000 647	6 027 926	6 003 032
TC		1 785 500	2 183 023	2 602 401	3 246 512	4 103 771	5 358 535
TI		380 500	517 666	652 110	821 471	1 207 010	1 773 494
Mécanisés	716 000	2 166 000	2 700 689	3 254 511	4 067 983	5 310 782	7 132 030
Total déplacements	2 631 800	7 204 800	7 981 585	8 802 147	10 068 630	11 338 708	13 135 062
Ratios de mobilité							
Véhicules / 1000 habitants		35	43	50	55	72	93
Mobilité mécanisée	0.67	1.01	1.14	1.24	1.36	1.58	1.83
Mobilité tous modes	2.45	3.37	3.37	3.37	3.37	3.37	3.37
% Marche	73%	70%	66%	63%	60%	53%	46%
% TC		25%	27%	30%	32%	36%	41%
% TI		5%	6%	7%	8%	11%	14%
%TC parmi mécanisés		82%	81%	80%	80%	77%	75%
Taux de correspondance TC	1.14	1.16	1.17	1.19	1.21	1.24	

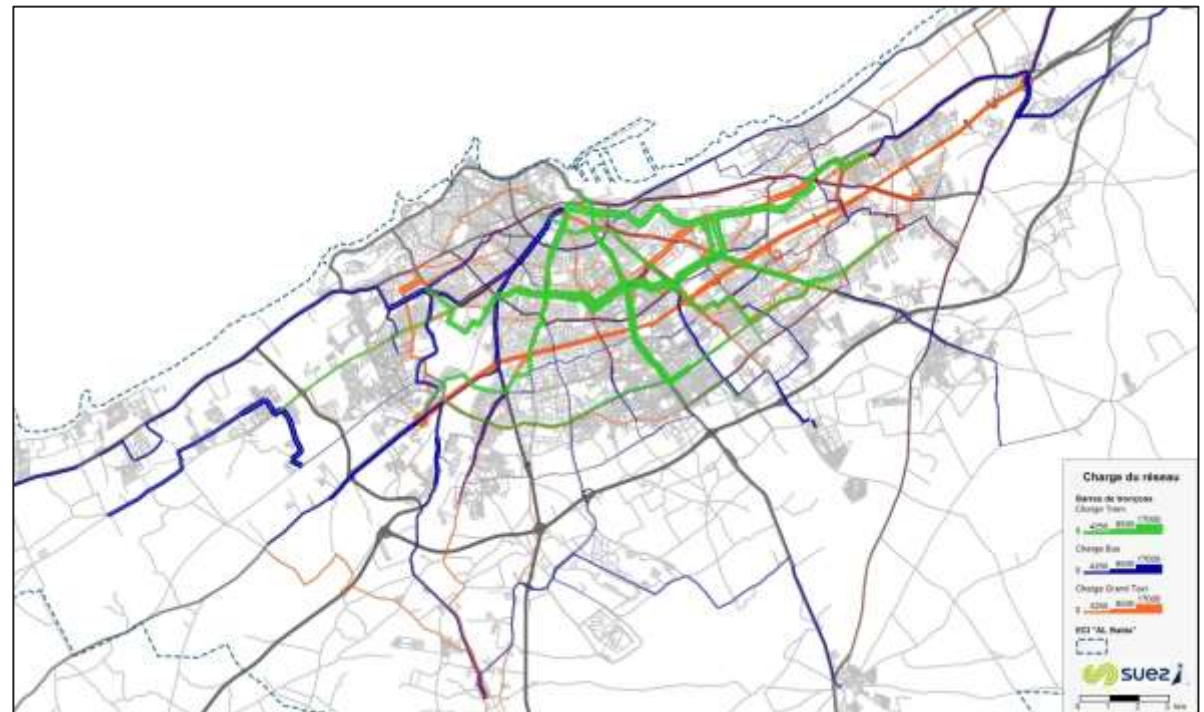


Modèles monomodaux (trafic routier ou transports publics uniquement)

Exemple d'étude sur la politique tarifaire des transports publics à Casablanca

- **Codage** des tramways, des bus et des lignes de taxis collectifs **dans VISUM**
- Matrice de **déplacements zone à zone** basée sur une grande enquête origine-destination des déplacements en transports publics.
- **Calage de l'affectation** sur les comptages de fréquentation
- Estimation d'une **matrice de référence pour l'horizon futur** sur la base des prévisions de population et d'emploi, ainsi que des ratios de mobilité globale fondés sur une approche stratégique
- **Test d'évolution du réseau et de scénarios tarifaires** par élasticité de la demande à un "coût généralisé" combinant durée du voyage, tarifs et facteurs de confort.

Une solution pragmatique et robuste dans de nombreux cas
Pour les études de trafic routier lorsque les transferts modaux peuvent être négligés. Pour les études sur les transports publics en estimant l'évolution de la demande par "élasticité" au service (durée des trajets, coûts...).
Calage et mise en œuvre plus faciles, moins de données requises que pour un modèle multimodal, résultats plus fiables lorsque le contexte ne change pas trop.



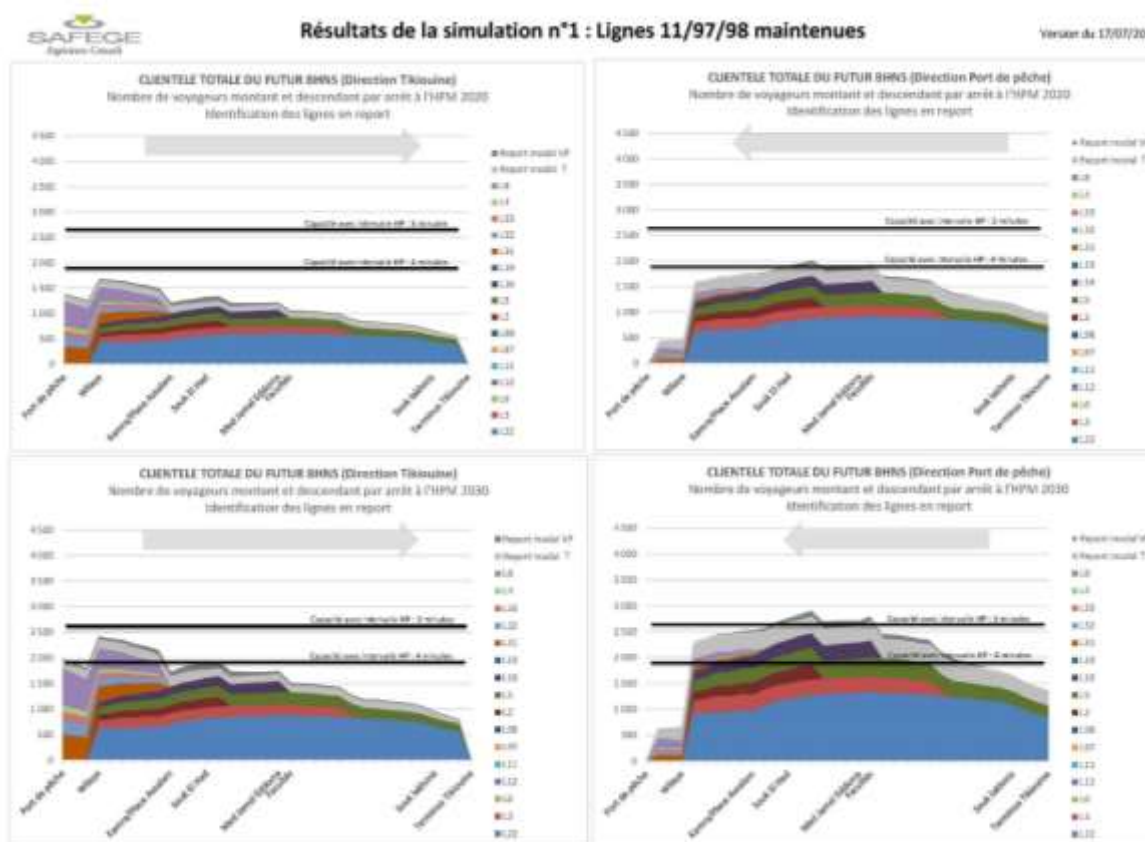
Casablanca - Plan d'affaires et stratégie tarifaire
Suez Consulting/DVDH pour CasaTransports

Modèles monomodaux (trafic routier ou transports publics uniquement)

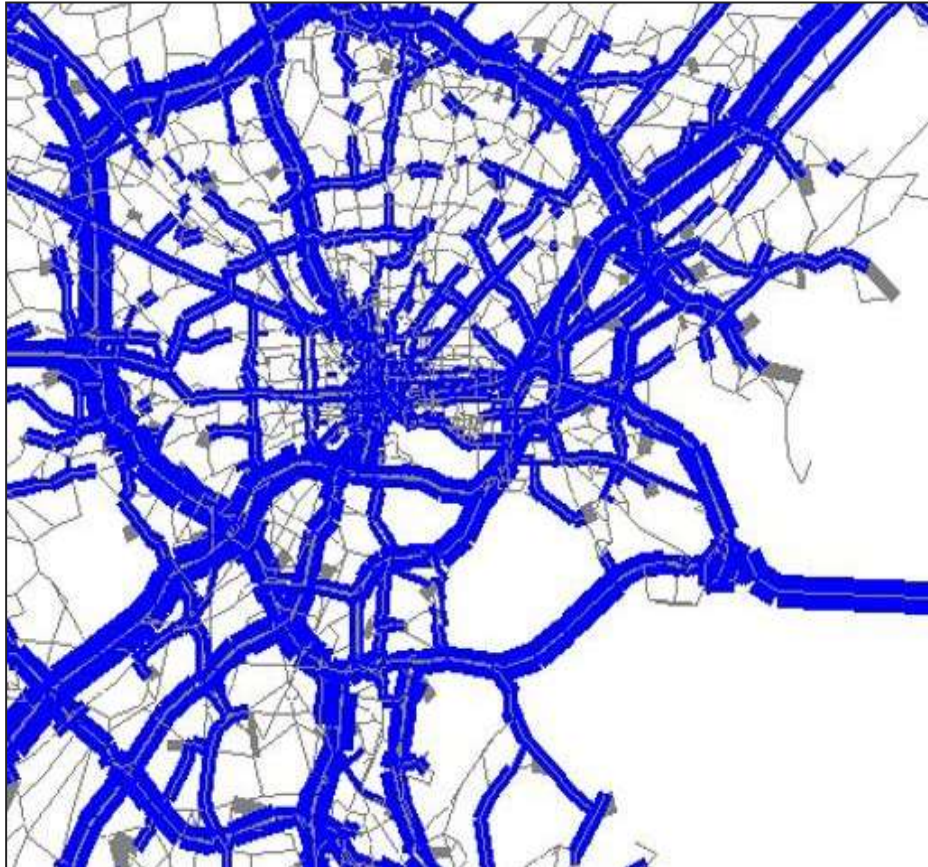
Exemple : Le bus à haut niveau de service (BHNS) à Agadir

- Enquêtes détaillées sur la **fréquentation des lignes de bus existantes** : origines-destinations, montées-descentes
- Pour chaque ligne de bus, **analyse détaillée du transfert potentiel vers le BHNS**, section par section, si la ligne était supprimée ou raccourcie.
- Possibilité de **tester rapidement** l'impact de nombreux scénarios de restructuration des bus sur la fréquentation de BHNS, comparaison avec la capacité de BHNS, connexion avec un modèle financier.
- **Sur tableur**, sans logiciel de modélisation

"Modèle de réaffectation" : une approche pragmatique pour tester une réorganisation limitée d'un réseau routier ou de transport public



Modèles multimodaux



L'ambition de modéliser le fonctionnement global de la mobilité

Nombreux résultats et possibilités de tests

Requiert beaucoup de données

Calage complexe

Méthodes beaucoup plus techniques et résultats moins stables que les approches précédentes

- Généralement/idéalement basé **sur une enquête auprès des ménages** portant sur tous les déplacements effectués par une personne au cours d'une journée, avec les caractéristiques complètes des modes, des objectifs, de la durée des déplacements, etc. ainsi que les caractéristiques de la personne et du ménage.
- **Nécessite des données et des prévisions** zonales sur la population et l'emploi, avec leurs caractéristiques
- **Méthodes de calage spécifiques et très spécialisées**
- **Estimation des futures matrices origine-destination** par des méthodes mises en œuvre sur tableur ou en utilisant la boîte à outils fournie par le logiciel de modélisation.
- **Modélisation des réseaux et affectation des matrices sur les réseaux (choix des itinéraires)** à l'aide d'un logiciel de modélisation.
- **Grande variété de résultats**, production de données pour l'évaluation socio-économique

Modèles dédiés / Modèles de préférences déclarées

- Les enquêtes de "préférences déclarées" consistent à demander aux gens ce qu'ils feraient (par exemple, quel mode de transport ils choisiraient) dans certaines situations, proches de leur expérience actuelle, afin que leur réponse soit fiable.
- Des modèles économétriques peuvent être déduits des résultats. Ces modèles peuvent être utilisés pour calibrer un modèle multimodal classique tel que ceux décrits ci-dessus ou être utilisés seuls.
- Cette méthode peut s'avérer très pertinente quand l'objectif est centré sur un projet spécifique, notamment pour tester l'introduction d'un élément totalement nouveau dans le contexte (un nouveau mode, un nouveau système tarifaire...).
- Dans ce cas, il peut ne pas y avoir de codage de réseau, ni de matrices. Le modèle est alors basé sur l'échantillon de personnes interrogées, et leur réaction individuelle aux différents scénarios peut être extrapolée à partir des réponses qu'elles ont données lors de l'enquête.

Un modèle spécialement adapté à un projet ou à une étude

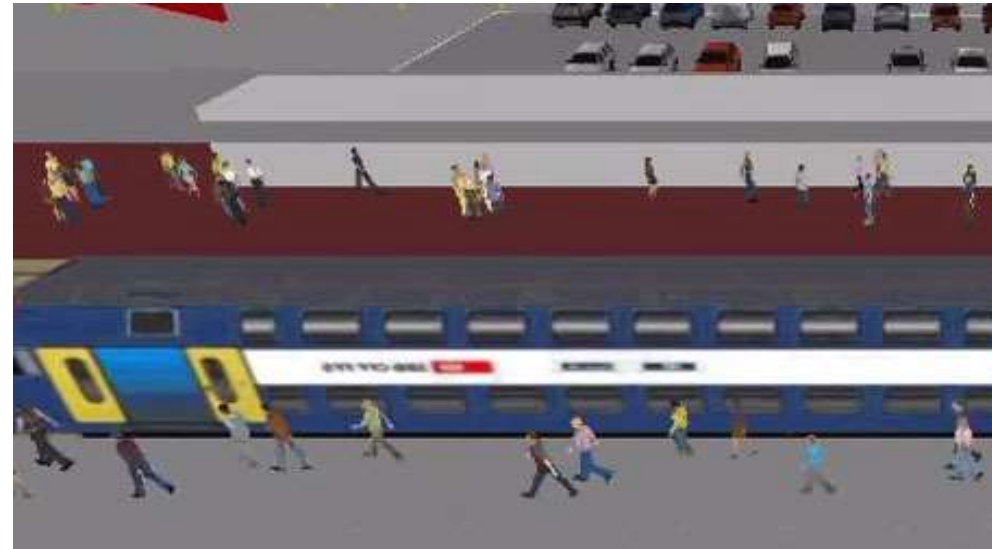


Modèles micro/dynamiques

Pour une simulation plus réaliste du trafic routier, ou du fonctionnement des transports publics, ou des flux de piétons, sur des zones limitées

À utiliser à des fins opérationnelles plutôt qu'à des fins de planification stratégique

Logiciels spécifiques tels que Vissim (PTV), SimWalk, CUBE Dynasim (Citilabs/Bentley), Dynameq (INRO)...



SimWalk



Dynameq



VISSIM

Données requises dans un monde idéal



La collecte de données, y compris les enquêtes, prend souvent des mois

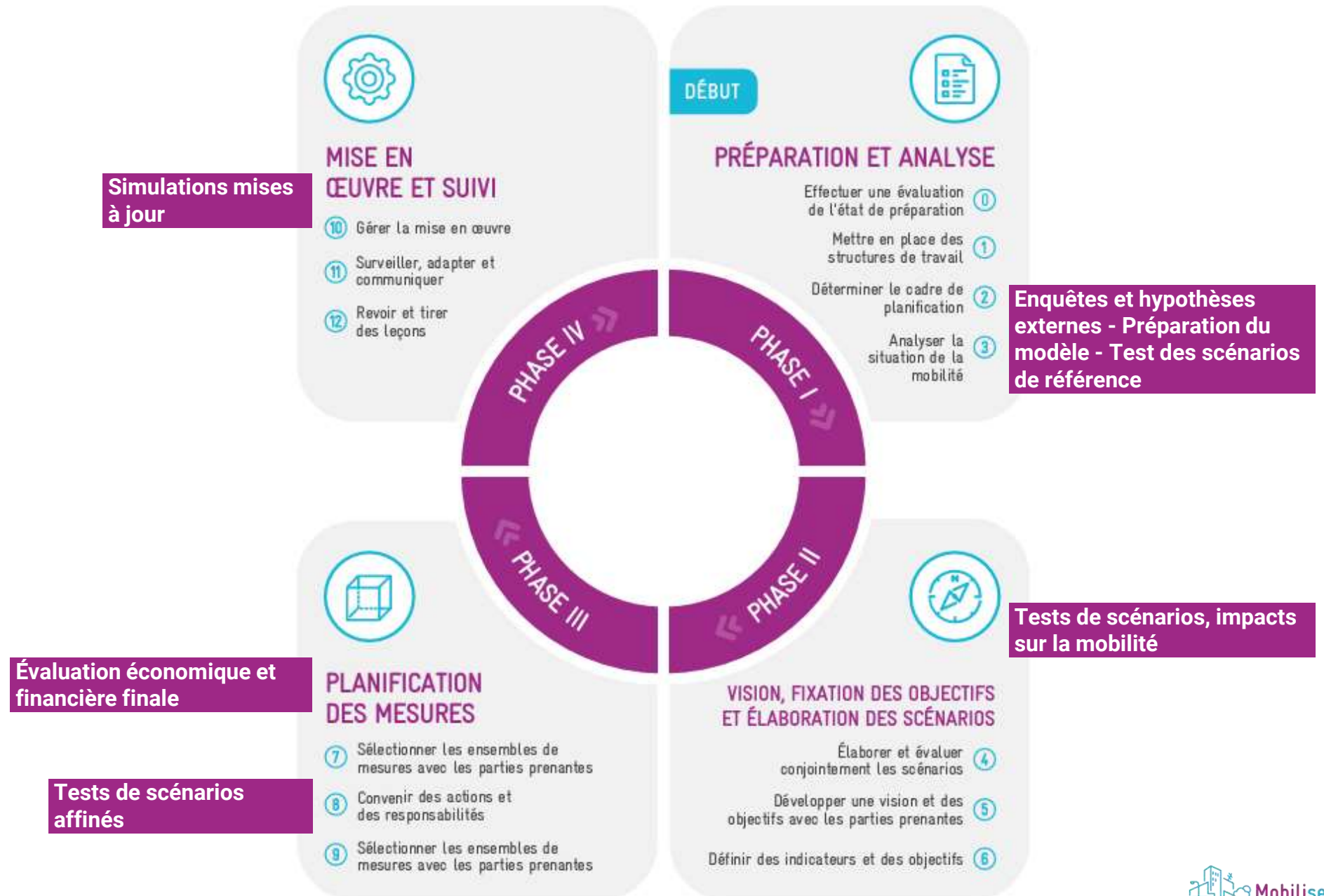
	Macro/stratégique	Monomodal	Multimodal
Population, emploi, etc.	Par grandes zones Actuel et prévisions	Par petites zones De préférence par niveau de revenu Situation actuelle et prévisions	Par petites zones Avec les caractéristiques de la population Situation actuelle et prévisions
Données socio-économiques	Taux de motorisation Évolution des revenus Coûts énergétiques		Taux de motorisation (a minima)
Voyages	Ratios globaux (de préférence à partir des principaux résultats d'enquête-ménages, même anciens) Fréquentation des transports publics	Comptages modaux Enquête origine-destination Enquête de préférences déclarées en cas d'introduction d'un nouveau mode de transport	Fichiers détaillés d'enquête-ménages Éventuellement, enquête de préférences déclarées pour le calage du choix du mode de transport Comptages de circulation Fréquentation des transports publics
Réseaux de transport	Ratios globaux (véhicules-km de transport public...)	Idem modèle multimodal, pour le mode sélectionné	Voirie : structure du réseau, capacités, longueur des liaisons et vitesse maximale... Transports publics : lignes, arrêts, fréquences, temps de parcours entre arrêts/stations

Grille de choix des méthodes

Un outil expérimental pour aider à choisir la meilleure méthode de modélisation en fonction du contexte

Objectif	Minimum	Idéal
Plan de mobilité durable	Stratégique	Multimodal
Plan de circulation local	Logiciel d'affectation	Dynamique
Plan de circulation global	Logiciel d'affectation	Monomodal (route)
Projet routier	Méthodes de réaffectation	Monomodale (route) ou Multimodale si d'importants changements de mode de transport sont attendus
(Ré)organisation des transports publics	Méthodes de réaffectation	Monomodal (Transport Public)
Planification d'un réseau de transport en commun de masse	Monomodal (Transport Public)	Multimodal
Conception d'une ligne de transport collectif en site propre	Méthodes de réaffectation	Monomodale (Transport Public) ou multimodale si d'importants changements de mode sont attendus
Étude financière sur les tarifs des transports publics ou de péage urbain	Monomodal	Multimodale ou préférences déclarées

Modélisation dans le cadre du cycle PMUD



Exercice 2

Aller vers
app.klaxoon.com

HDWNF72

app.klaxoon.com/join/HDWNF72



<https://app.klaxoon.com/join/HDWNF72>

Quelle méthode de modélisation choisiriez-vous dans les cas suivants :

- Développer un plan de mobilité urbaine durable sur une agglomération subsaharienne de 50 000 habitants
- Transformation d'une ligne de bus majeure en une ligne de « Bus Rapid Transit »
- Création d'un corridor de mobilité active dans un quartier périphérique d'une métropole indienne
- Élaboration d'une nouvelle politique tarifaire pour un réseau de transport public existant
- Promotion de la marche dans un centre-ville à travers un nouveau plan de circulation

- Stratégique
- Affectation
- Monomodal
- Multimodal
- Préférences déclarées
- Dynamique

Méthodologie classique et points de vigilance

Le modèle à quatre
étapes

Approche classique : le "modèle à quatre étapes".

Principe : considérer que les choix de mobilité se font par étapes, dans un certain ordre

① Génération

Se déplacer ou pas ? Nombre de déplacements émis et attirés par chaque zone

② Distribution

Pour aller où ? Répartition des flux en origine - destination ("flux OD")

③ Choix modal

Par quel mode de transport ? Répartition des flux OD par mode

Passage à l'heure de pointe, si nécessaire

④ Affectation

Par quel itinéraire ? Affectation des flux OD sur les réseaux de transport, pour chaque mode

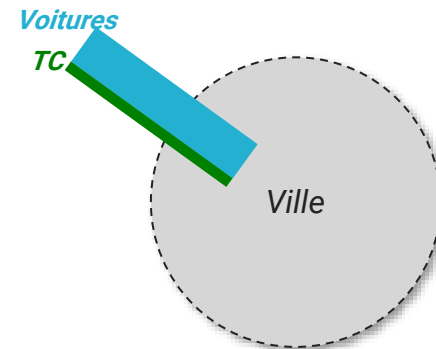
Étapes réalisées de préférence pour une journée entière (valeurs plus stable), éventuellement pour une heure ou une période de pointe.

Étape à réaliser pour une période de temps spécifique (généralement l'heure de pointe) s'il y a des enjeux de capacité de transport.

Approche classique : le "modèle à quatre étapes".

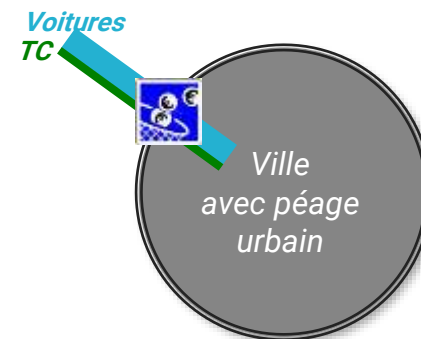
Quelques remarques

- **Les réseaux et les choix d'itinéraires (affectation) sont relativement faciles à modéliser.** Cependant, ils sont basés sur la minimisation du temps (ou du "coût généralisé") des trajets : cela reste-t-il encore pertinent à l'avenir, avec le développement de l'Internet mobile et des activités possibles pendant les trajets ?
- **La modélisation des choix de mobilité** (génération, distribution, choix modal) **est beaucoup plus complexe et doit quasiment être conçue au cas par cas.**
- Les méthodes classiques n'intègrent **pas les rétroactions de l'offre de transport sur la génération de déplacements.**
- **Les déplacements intermodaux** (combinant les modes individuels et collectifs) **sont généralement mal modélisés.**
- Le déroulement séquentiel du modèle à quatre étapes pose problème en cas de modifications importantes du contexte (voir ci-contre).



Distribution : 1000 trajets
Choix modal : 20% en TC

► 200 trajets en TC



Distribution : 600 trajets
Choix modal : 25% en TC

► 150 trajets en TC !

Approche classique : le "modèle à quatre étapes"

Comment traiter le transport informel ?



Transport informel organisé par lignes :

- A coder comme des lignes de transport public, avec des intervalles et des vitesses moyennes/typiques
- Le choix entre les transports publics formels et informels peut être modélisé au stade de l'affectation.
- Il est important d'inclure les tarifs.

Transport informel sans lignes fixes

- A coder en tant que véhicules privés, avec des coûts, des temps d'accès et des règles d'accès spécifiques

Le rôle et les objectifs du calage

Quels phénomènes cherche-t-on à modéliser ?



- **Un modèle doit être validé**, pour attester de sa capacité à représenter la réalité.
- Cependant, nous savons que les **modèles de transport sont toujours une représentation partielle de la réalité**.
- De plus, **la structure des déplacements dans une ville est une réalité mouvante qui n'est jamais parfaitement connue**.
- Aussi, **les modèles sont généralement calés sur la situation d'une année donnée, alors qu'ils sont utilisés pour simuler des évolutions entre horizons différents**. C'est comme étudier le galop d'un cheval à partir d'une photo !
- Enfin, **les modèles sont souvent utilisés pour tester des situations / des systèmes de transport qui n'ont pas été observés**, du moins pas dans un contexte comparable. Comment puis-je modéliser quelque chose que je n'ai pas observé ??
- **Conclusion : le calage doit être effectué et apprécié en fonction du champ d'application du modèle, de ses objectifs, de la cohérence de ses résultats (vérifications croisées !)**

Avant et après : les étapes les plus importantes de l'exécution d'un modèle

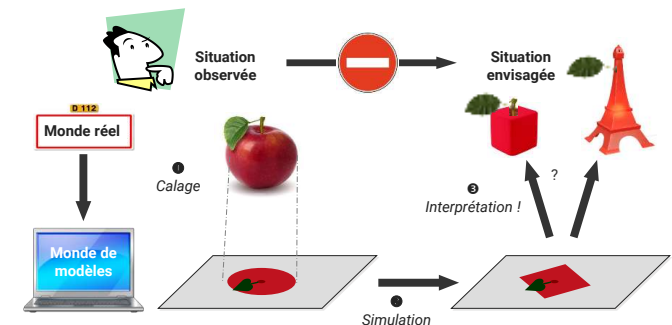
La modélisation est généralement axée sur le calage et les simulations. Mais des éléments essentiels du processus se situent avant et après le calage et la simulation.

AVANT

- Certaines hypothèses ne sont pas remises en question, alors qu'elles ont un impact majeur sur les résultats du modèle : répartition future de la population/des emplois/des générateurs de déplacements, taux de mobilité quotidienne des individus...
- Les modèles n'incluent jamais tous les facteurs ayant un impact sur la mobilité. Cela signifie qu'il y a des "hypothèses implicites" sur les facteurs omis, tels que la stabilité des coûts des carburants, la perception des modes de transport, les impacts climatiques, le contexte sécuritaire, la "pyramide des âges", etc.
- Il est important de garder cela à l'esprit et si possible d'analyser, au moins qualitativement, les impacts potentiels de ces facteurs.

APRÈS

- L'importance de l'interprétation des résultats a déjà été mentionnée.
- Le modèle doit aider la réflexion, pas la remplacer !
- Le post-traitement des résultats est obligatoire avant de les présenter pour la prise de décision.



Exercice 3

Aller vers
app.klaxoon.com

HDWNF72

app.klaxoon.com/join/HDWNF72



<https://app.klaxoon.com/join/HDWNF72>

Explorer les "quatre étapes" à travers votre propre mobilité :

- Génération : combien de déplacements (motif A à motif B) avez-vous fait hier ?
- Génération : à quel point est-ce variable les jours de semaine ?
- Distribution : parmi vos destinations, quelle est la proportion de lieux où vous allez au moins une fois par semaine ?
- Distribution : pensez aux lieux où vous faites vos courses alimentaires habituellement, et classez les critères qui vous font choisir ces lieux.
- Choix modal : considérez-vous avoir le choix de votre mode de transport pour aller au travail ?
- Choix modal : classez vos critères de choix de mode pour aller au travail.

Comment modéliser les transports avec des données insuffisantes ou rares ?

Comment modéliser les transports avec des données insuffisantes ou rares ?

1. Se focaliser sur les objectifs

Si nous ne disposons pas des données nécessaires pour un modèle complet, **réalisons un modèle adapté aux données disponibles.**

Qu'avons-nous vraiment besoin de savoir ?

- Fréquentation annuelle, charge maximale, gain de temps ... ?

Avons-nous besoin de résultats précis ou pouvons-nous nous contenter d'ordres de grandeur ?

- Cela peut suffire à dimensionner un système de transport ou le nombre de voies d'une route.

Certains calculs approximatifs, normalement utilisés pour des vérifications croisées, peuvent-ils remplacer les résultats du modèle s'il n'y a pas de meilleure option ?

- Par exemple, l'évaluation de la population à l'aide de facteurs de densité, des émissions de déplacements à l'aide de ratios de mobilité, des parts modales à partir de situations comparables et des comptages disponibles ...

Peut-être qu'une bonne enquête est plus importante que le modèle lui-même.

Comment modéliser les transports avec des données insuffisantes ou rares ?

2. Des données qui peuvent être utilisées quand il n'y en a pas

Pour les données de population, d'emplois et de générateurs de flux par zone

- Photographies aériennes, estimations de densité, type de logement
- Cartographies en ligne
- Visites de sites
- L'emploi est le plus complexe : les densités sont difficiles à estimer, le secteur informel peut représenter une part importante, les marchands ambulants n'ont pas d'emplacement permanent... Le nombre total d'emploi peut être estimé en fonction de la population, et lorsque les administrations et les grandes entreprises ont été localisées, le reste peut être réparti proportionnellement à la population.

Pour les réseaux de transport

- Photographies aériennes
- Cartographie et données en ligne
- Visites de sites

Pour les déplacements

- Ratios de mobilité ou de mobilité motorisée dans des contextes comparables
- Comptage ou observation du trafic/passagers
- Nombre de véhicules (nombre de bus dans la ville, nombre de véhicules immatriculés dans la ville ou circulant sur une route, à combiner avec les taux de remplissage estimés)
- Données de fréquentation des opérateurs de transport public

Comment modéliser les transports avec des données insuffisantes ou rares ?

3. Utilisation de modèles pour reconstituer la situation actuelle / pour compléter les données

Les modèles peuvent être utilisés pour reconstituer les données manquantes

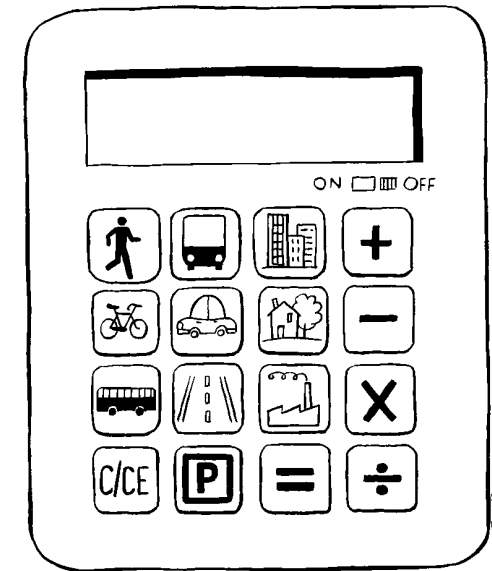
- Avec la répartition estimée de la population et de l'emploi par zone, et de ratios de mobilité supposés, la quantité de **déplacements générés par zone** peut être estimée.
- Un modèle de distribution est nécessaire pour estimer les **matrices de déplacements**. Si le calage local n'est pas possible, l'utilisation d'un modèle calé ailleurs est une option. En alternative ou en complément, le modèle de distribution peut être calé en fonction de la vraisemblance de la distance moyenne de déplacement modélisée.
- De même, un modèle précalibré pourrait être utilisé pour **répartir les matrices par mode de transport**. Cette méthode est cependant plus risquée pour le choix modal que pour la distribution, car c'est une étape plus complexe, plus liée au site et plus consommatrice de données.
- Une solution consiste à **effectuer l'étape de génération des déplacements par mode**, sur la base des niveaux d'accessibilité de chaque zone et de chaque mode. Ensuite, la distribution est également effectuée mode par mode.
- Une approche monomodale pourrait être plus appropriée si les données sont trop lacunaires.

Comment modéliser les transports avec des données insuffisantes ou rares ?

4. Importance des approches macro



Moins il y a de données, plus il est important de développer une approche macro/stratégique



Quiz

Aller vers
app.klaxoon.com

HDWNF72

app.klaxoon.com/join/HDWNF72



<https://app.klaxoon.com/join/HDWNF72>

7

Questions, feedback et au revoir ?



Q&R

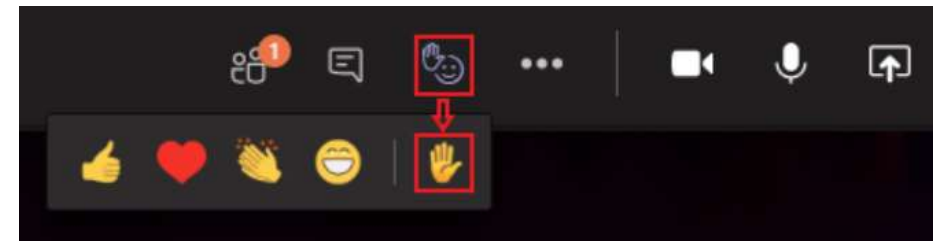
Chat

- Postez vos questions dans le chat et nous les inclurons dans les Q&R.



Prendre la parole

- Sélectionnez "Montrer les réactions" dans les commandes de la réunion, puis choisissez "Lever la main". Tous les participants à la réunion verront que vous avez levé la main.



Nos formations Mastering Mobility

Session	Français
Introduction au Guide pour les Plans de Mobilité Urbaine Durable (PMUD) de MobiliseYourCity	14 mars
Modélisation du transport pour la planification de la mobilité urbaine durable	4 avril
De la sélection des mesures à l'élaboration des scénarios	18 avril
Options innovantes en matière de transport en commun et technologies numériques	3 mai

Restez informé des dernières nouvelles de MobiliseYourCity

✓ Echanger

✓ Se connecter

✓ Apprendre



Envie d'en savoir plus ? Inscrivez-vous à la lettre d'information MobiliseYourCity pour recevoir les dernières informations sur nos prochaines sessions de maîtrise de la mobilité !

[Register here](#) ou scannez le QR code



Vous avez manqué les sessions précédentes ? Les enregistrements sont disponibles sur la plateforme de connaissances !

Visiter la [Plateforme de connaissances](#) ou scannez le QR code



Merci pour votre attention

Restons en contact



Subscribe to our newsletter [here](#)



Mobiliseyourcity.net



contact@mobiliseyourcity.net



[@MobiliseCity](https://twitter.com/MobiliseCity)



[MobiliseYourCity](https://www.facebook.com/MobiliseYourCity)



[MobiliseYourCity](https://www.linkedin.com/company/MobiliseYourCity)